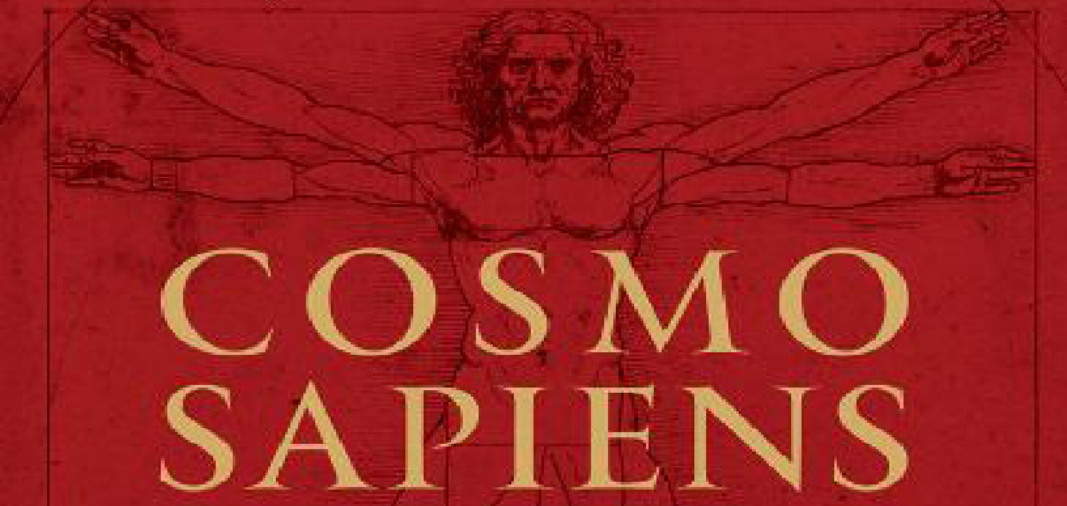
O călătorie îndrăzneață prin tot ce ne învață știința despre originea și evoluția omului în univers.
—E.O. WILSON—

JOHN HANDS



COSMO SAPIENS

EVOLUȚIA OMULUI DE LA ORIGINILE UNIVERSULUI

CARTEA ANULUI
—*THE TIMES LITERARY SUPPLEMENT*—

O carte bine scrisă și provocatoare.
—*LIBRARY JOURNAL*—

HUMANITAS

JOHN HANDS

COSMOSAPIENS

EVOLUŢIA OMULUI DE LA ORIGINILE UNIVERSULUI

John Hands (n. 1945), profesor, autor de nonficţiune şi romancier recunoscut internaţional, a studiat chimia la Universitatea din Londra, a predat apoi la diferite universităţi din Statele Unite şi din Marea Britanie (Harvard; New School for Social Research, New York; Universitatea din California, Berkeley; University of North London) şi a fost bursier al prestigiosului University College London. A dedicat peste zece ani evaluării teoriilor ştiinţifice actuale, activitate ce s-a concretizat în cuprinzătorul volum Cosmosapiens: Human Evolution from the Origin of the Universe (2015), considerat Cartea Anului 2015 de revista The Times Literary Supplement şi una dintre cele mai bune cărţi de ştiinţă ale aceluiaşi an de revista The Telegraph. Hands, ale cărui opere de ficţiune şi nonficţiune au fost traduse în nouă ţări, a mai publicat volumele Housing Co-operatives (1975), Perestroika Christi (1990), Darkness at Dawn (1993), Brutal Fantasies (1995).

JOHN HANDS
COSMOSAPIENS
EVOLUŢIA OMULUI
DE LA
ORIGINILE
UNIVERSULUI
Traducere din engleză de Carmen Strungaru si Doru Căstăian
HUMANITAS
BUCUREŞTI
Redactori: Marieva Ionescu, Alexandru Anghel Coperta: Ioana Nedelcu Tehnoredactor: Manuela Măxineanu DTP: Andreea Dobreci, Dan Dulgheru
John Hands
Cosmosapiens: Human Evolution from the Origin of the Universe Copyright © 2015 by John Hands All rights reserved.
© HUMANITAS, 2020, pentru prezenta versiune românească (ediţia digitală)
ISBN 978-973-50-6776-2 (pdf)
EDITURA HUMANITAS
Piaţa Presei Libere 1, 013701 Bucureşti, România
tel. 021/408 83 50, fax 021/408 83 51
www.humanitas.ro
Comenzi online: www.libhumanitas.ro Comenzi prin e-mail: vanzari@libhumanitas.ro Comenzi telefonice: 0723.684.194

In memoria iubitei mele soţii, Paddy Valerie Hands

CUPRINS

Mulţumiri 17
1. Cercetarea

PARTEA ÎNTÂI.
Apariţia şi evoluţia materiei
2. Miturile originilor
Teme principale
Haosul sau apa primordiale Scufundătorul divin Oul cosmogonic Părinţii lumii Rebeliunea copiilor Sacrificiul Lupta primordială Creaţia din nimic Ciclul etern
Explicaţii
Adevărul literal Metafora Aspecte ale realităţii absolute Adevărul arhetipal Experienţa fetală Înţelegerea limitată a fenomenelor naturale Nevoia politică şi culturală Intuiţia
Ce spun dovezile şi raţiunea
Motive pentru persistenţa miturilor
Influenţa asupra gândirii ştiinţifice
3. Apariţia materiei: teoria ştiinţifică ortodoxă
Prima jumătate a secolului XX
Teoria curentă: Big Bangul
Baza teoretică Supoziţii simplificatoare: izotropia şi omnicentrismul
Probleme ale teoriei Big Bangului
Monopolul magnetic Omogenitatea Izotropia radiaţiei cosmice de fond (problema orizontului) Caracterul plat (Omega)
Soluţia oferită de teoria inflaţiei
Validitatea modelului inflaţionar al Big Bangului
Credibilitatea teoriei de bază Dovezi aduse în favoarea teoriei de bază Credibilitatea teoriei inflaţiei Dovezi aduse în favoarea teoriei inflaţiei
Concluzii
4. Ce nu reuşeşte să explice teoria ştiinţifică ortodoxă
Singularitatea
Raportul observat dintre materie şi radiaţie
Materia întunecată şi Omega
Energia întunecată
Reglajul fin al parametrilor cosmologici
Creaţia din nimic
Concluzii

5. Alte conjecturi cosmologice
Universul fără hotare din teoria Hartle-Hawking
Inflaţia haotică eternă
Viteza variabilă a luminii
Universul oscilant
Selecţia naturală a universurilor
Gravitaţia cuantică cu bucle
Cosmologia stării cvasistaţionare
Cosmologia plasmei
Chintesenţa
Universul ekpyrotic ciclic
Peisajul de posibilităţi al teoriei corzilor
Probleme ale teoriei corzilor
Universul definit
Concluzii
6. Probleme întâmpinate de cosmologie ca mijloc explicativ
Dificultăţi practice
Limitele detecţiei Probleme legate de măsurători
Interpretarea datelor
Vârsta universului Supernovele de tip 1a cu deplasare spre roşu Acceleraţia aparentă a ratei de expansiune a universului Deplasarea spre roşu Fluctuaţiile radiaţiei cosmice de fond Afirmaţii exagerate Datele WMAP Confirmarea de către telescopul Planck a dovezilor contradictorii Selectivitatea datelor Legea interpretării datelor
Teorii inadecvate
Limitele teoriei cuantice şi ale teoriei relativităţii Oportunitatea relativităţii generale Realitatea lumii cuantice Infiniţi într-un cosmos fizic Inadecvarea matematicii
Limitările intrinsece ale ştiinţei
Concluzii
7. Rezonabilitatea conjecturilor cosmologice
Aria de acoperire a conjecturilor cosmologice
Cauza legilor fizicii Natura legilor fizicii Natura matematicii
Testarea conjecturilor cosmologice
Frumuseţea Parcimonia Concordanţa internă Concordanţa externă cu dovezile Concordanţa externă cu alte teorii ştiinţifice
Originea universului
Modelul ortodox: Big Bangul Conjecturile multiversului Modelele „eterne“
Forma universului
Reglajul fin al parametrilor cosmologici Explicaţia multiversului
Concluzii

8. Evoluţia materiei la scară mare
Forţele fundamentale ale naturii
Interacţiunea gravitaţională Interacţiunea electromagnetică Interacţiunea tare Interacţiunea slabă
Evoluţia materiei conform cosmologiei ortodoxe actuale
Big Bangul fierbinte
Structura universului
Cauzele care au dus la structura actuală a universului
Cauzele care au dus la neomogenităţile iniţiale Cauzele care au dus la structurile mari Cauzele care au dus la formarea stelelor Explicaţie alternativă
Evoluţie continuă?
Galaxiile care se susţin singure la nesfârşit Universul fractal Big Crunch Moartea termică pe termen lung Moartea termică pe termen scurt
Concluzii
9. Evoluţia materiei la scară mică
Evoluţia nucleelor elementelor
Elementele de la heliu la fier Elementele mai grele decât fierul Producerea de elemente prin radiaţie cosmică Stelele de a doua şi a treia generaţie Elementele produse Reglajul fin al parametrilor nucleari
Formarea atomilor
Legile mecanicii cuantice Principiul de excluziune al lui Pauli Reglajul fin al parametrilor atomici
Evoluţia atomilor
Metode de legare Unicitatea carbonului
Molecule în spaţiu
Concluzii
10. Tiparul evoluţiei materiei
Concordanţa cu legile ştiinţifice cunoscute
Principiul conservării energiei Principiul creşterii entropiei
Contradicţii ale principiului creşterii entropiei
Sistemele locale Universul
11. Reflecţii şi concluzii cu privire la apariţia şi evoluţia materiei
Reflecţii 192
Concluzii 195

PARTEA A DOUA.
Apariţia şi evoluţia vieţii
12. O planetă potrivită pentru viaţă
Condiţii necesare pentru formele de viaţă cunoscute
Elementele esenţiale şi moleculele Masa planetei Intervalul

temperaturilor Surse de energie Protecţia faţă de radiaţiile nocive şi impacturi Stabilitatea
Formarea Pământului şi a biosferei
Caracteristicile Pământului Formarea
Este Pământul special?
Perspectiva ortodoxă Dovezi care pun la îndoială perspectiva ortodoxă
Concluzii
13. Viaţa
Viaţa din perspectiva lumii antice
Dezvoltarea perspectivei ştiinţifice asupra vieţii
Presupusa armonie între perspectiva tradiţională şi ştiinţa modernă
Medicina alternativă Ipotezele câmpurilor
Răspunsul ştiinţei ortodoxe
Perspectiva ştiinţifică ortodoxă asupra vieţii
Caracteristici atribuite vieţii
Reproducerea Evoluţia Reacţia la stimuli Metabolismul
Organizarea Complexitatea
Definiţii ale vieţii
Smolin şi sistemul auto-organizat Fritjof Capra şi reţeaua vieţii Evitarea scopului McFadden şi viaţa cuantică
O definiţie provizorie a vieţii
Concluzii
14. Apariţia vieţii **1**: dovezile
Dovezile directe
Fosilele Extremofilele
Dovezile indirecte
Analizele genetice Strămoş comun universal?
Dimensiunea, complexitatea, structura şi funcţionarea celei mai simple celule
Dimensiunea Componentele şi structura Părţile externe Formele schimbătoare ale proteinelor
Concluzii
15. Apariţia vieţii **2**: ipotezele
Supa primordială a lui Oparin şi Haldane ARN autoreplicant Peptide autoreplicante Substratul bidimensional Originea extraterestră Proiectul inteligent Principiul antropic Emergenţa cuantică Complexitatea autoorganizată Teoria emergenţei
Concluzii
16. Dezvoltarea ideilor ştiinţifice despre evoluţia biologică
Ideile preevoluţioniste
Aristotel Creaţionismul Linne
Dezvoltarea ideilor evoluţioniste

De Maillet Buffon Erasmus Darwin Hutton Lamarck Geoffroy Wells Grant Matthew
Wallace
Charles Darwin
Un gânditor original? Contribuţia lui Darwin Problemele ipotezei lui Darwin Darwinismul
Ortogeneza
Kropotkin şi ajutorul reciproc
Observaţii esenţiale Ajutorul reciproc Fundamentele empirice
Simbiogeneza
Mendel şi ereditatea
Experimentele Legile lui Mendel
Neodarwinismul
Biologia moleculară
Principii ale biologiei ortodoxe
Consecinţele paradigmei actuale
17. Dovezile evoluţiei biologice **1**: fosilele
Specia
Fosilele
Sărăcia registrului fosil Interpretarea Registrul fosil Fosilele de tranziţie Extincţia speciilor Registrul fosil al animalelor şi plantelor Evoluţia mamiferelor Reconstituirea evoluţiei omului pornind de la registrul fosil
Concluzii
18. Dovezile evoluţiei biologice **2**: analiza speciilor vii
Structurile omologe
Vestigiile
Biogeografia
Embriologia şi dezvoltarea
Modificările speciilor
Selecţia artificială Speciile din natură Definiţia speciei
Biochimia
Genetica
Genomica
Concluzii
19. Dovezile evoluţiei biologice **3**: comportamentul speciilor vii
Speciile unicelulare
Speciile pluricelulare
Genele
Plantele
Insectele
Peştii
Suricatele

Primatele
Asocierile dintre specii
Concluzii
20. Descendenţa omului
Arbori filogenetici
Taxonomia descendenţei umane
21. Cauzele evoluţiei biologice: explicaţia ortodoxă actuală
Paradigma actuală
Ce nu poate explica ortodoxia neodarwinistă
Staza şi speciaţia bruscă Speciaţia Speciaţia imediată: poliploidia Reproducerea asexuată Transferul orizontal de gene Embriologia şi dezvoltarea organismelor Genotipuri şi fenotipuri ADN-ul „deşeu“ Moştenirea caracteristicilor dobândite Colaborarea Complexificarea progresivă
22. Ipoteze complementare şi concurente **1**: complexificarea
Proiectul inteligent
Teoria echilibrului punctat
Apariţia bruscă
Selecţia stabilizatoare
Teoria neutralistă
Duplicarea întregului genom
Epigenetica
Omologia profundă şi evoluţia paralelă
Convergenţa evolutivă
Teoria emergenţei
Complexitatea autoorganizată
Legile evoluţiei genomului
Ingineria genetică naturală 2
Biologia sistemică
Ipoteza Gaia
Cauzalitatea formativă
23. Ipoteze complementare şi concurente 2: colaborarea
Sociobiologia
Selecţia grupală Altruismul bazat pe înrudire sau valoarea selectivă inclusivă „Altruismul reciproc“ Teoria jocurilor Dovezile empirice Gena egoistă Gena genială Selecţia pe mai multe niveluri
Colaborarea
Ajutorul reciproc Simbiogeneza
24. Evoluţia conştiinţei
Evoluţia comportamentului
Bacteriile şi arheele Eucariote: unicelulare Eucariote: animale
Tiparul evolutiv
Corelaţiile fizice ale dezvoltării conştiinţei

Sistemul nervos Sistemul nervos în descendenţa umană
25. Reflecţii şi concluzii cu privire la apariţia şi evoluţia vieţii
Reflecţii
Concluzii

PARTEA A TREIA.
Apariţia şi evoluţia omului
26. Apariţia omului
Ce este omul?
Definiţia propusă Dovezi ale conştiinţei reflexive
Strămoşii omului
Dovezile şi problemele pe care le pun Tribul de hominini Genul *Homo*
Cele mai vechi urme ale speciei *Homo sapiens*
Uneltele Simboluri şi ornamente Schimburi comerciale?
Traversarea mării Ritualurile de înmormântare şi incinerare
Picturi, figurine şi fluiere Limbajul
Cum s-a încheiat apariţia omului
Ipoteze explicative
Modelul multiregional Înlocuirea sau modelul originii africane recente Modelul asimilarii Originile africane recente şi modelul hibridizării Modelul revoluţiei umane Modelul gradualist
Ipoteze privind cauzele apariţiei omului
Mutaţia genetică Modificarea climei în estul Africii Modificările climatice la nivel global
Concluzii
27. Evoluţia omului **1**: gândirea primitivă
Cum a evoluat omul
Fizic Genetic Noetic
Evoluţia gândirii primitive
De la grupurile nomade de vânători-culegători la comunităţile sedentarizate de agricultori De la aşezările agricole la oraşele-stat şi imperii Dezvoltarea scrierii Bazele astronomiei şi matematicii Dezvoltarea credinţelor şi religiilor
Concluzii
28. Evoluţia omului **2**: gândirea filozofică
Apariţia gândirii filozofice
India China Europa Orientul Mijlociu America Centrală
Evoluţia gândirii filozofice
India China Europa
Ramificarea gândirii filozofice
Panorama evoluţiei noetice
Concluzii

29. Evoluţia omului **3**: gândirea ştiinţifică
Apariţia gândirii ştiinţifice
Ştiinţele medicale Ştiinţele vieţii Ştiinţele fizice
Evoluţia gândirii ştiinţifice
Ştiinţele fizice Ştiinţele vieţii Ştiinţele medicale Psihologia Interactivitatea şi subramurile hibride Tendinţa convergentă Rezultatele gândirii ştiinţifice
30. Unicitatea omului
Perspectiva ortodoxă actuală
Ego-antropocentrismul Identitatea genetică Diferenţe comportamentale care ţin numai de grad, nu şi de natură
Comportamentele specific umane
31. Concluzii şi reflecţii cu privire la apariţia şi evoluţia omului
Concluzii
Reflecţii
Reducerea agresivităţii Motive pentru reducerea agresivităţii Globaliza- rea Complexificarea Tendinţa avangardei Convergenţa Hominizarea Dualitatea schimbătoare a naturii umane Integrarea tiparelor în dovezi

PARTEA A PATRA.
Un proces cosmic
32. Limitările ştiinţei
Limitările din domeniul ştiinţei
Observaţia şi măsurătoarea Datele Subiectivitatea Metoda Teoria Ştiinţa deficitară
Limitările domeniului ştiinţei
Experienţele subiective Conceptele şi valorile sociale Ideile netestabile Probleme metafizice
O altă posibilă limitare
33. Reflecţii şi concluzii asupra evoluţiei omului ca proces cosmic
Reflecţii
Concluzii
NOTE
BIBLIOGRAFIE
GLOSAR
CREDITELE ILUSTRAŢIILOR

Mulţumiri

Este imposibil să-i numesc pe toţi cei care m-au ajutat să duc această carte la bun sfârşit. Lista include autori ale căror studii sau articole le-am consultat. Secţiunea de note de la sfârşitul acestui volum include referinţe complete, în funcţie de an şi de autor, la cele mai multe dintre cărţile şi lucrările academice pe care le-am consultat, precum şi la lucrările ample şi semnificative care mi-au fost de folos. Detalii complete cu privire la cărţile şi la articolele importante apar în bibliografia de la final. Distincţia este arbitrară, pentru că unele dintre lucrările academice sunt cuprinzătoare, iar multe dintre cele mai importante au fost incluse în bibliografie, deşi încerc pe cât posibil să nu creez o bibliografie enormă.

Dintre numeroşii specialişti care m-au ajutat cu expertiza lor, le sunt în mod special îndatorat celor care au acceptat să parcurgă manuscrisul şi să-mi semnaleze eventualele erori, omisiuni, concluzii nerezonabile, precum şi să facă alte comentarii. Îi voi numi mai jos, în funcţie de mai multe domenii generale de studiu, fiecare dintre ele conţinând multe alte subdo- menii relevante pentru cercetarea de faţă. Am ţinut cont de postul ocupat de fiecare dintre ei la momentul la care i-am consultat.

Mitologie: Charles Stewart şi Mukulika Banerjee, Senior Lecturers, Departamentul de Antropologie, University College London (UCL).

Cosmologie şi astrofizică: George Ellis, Dinstinguished Professor of Complex Systems, Departamentul de Matematică şi Matematică Aplicată, Uni- versity of Cape Town; Paul Steinhardt, „Albert Einstein“ Professor of Science, Princeton University; Ofer Lahav, Perren Chair of Astronomy, Head of Astro- physics, UCL; Bernard Carr, Profesor de Astronomie, Queen Mary, University of London; Geoffrey Burbidge, Profesor de Astronomie, University of California, San Diego; Javant Narlikar, Profesor Emerit, Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics, Pune, India; Jon Butterworth, Profesor de Fizică, Şeful Departamentului de Fizică şi Astronomie, UCL; Se- rena Viti, Reader, Departamentul de Fizică şi Astronomie, UCL; Eric J. Ler- ner, Preşedinte al Lawrenceville Plasma Physics, Inc.

Filozofie: Tim Crane, Profesor, Şeful Departamentului de Filozofie, UCL, Director al Institutului de Filozofie şi, mai târziu, Knightbridge Professor of Philosophy, University of Cambridge; Hasok Chang, Profesor de Filozofia Ştiinţei, UCL.

Ştiinţă planetară şi atmosferică: Jim Kasting, Distinguished Professor, Pennsylvania State University.

Geologie: John Boardman, Reader in Geomorphology and Land Degra- dation, University of Oxford.

Istoria ştiinţei: Adrian Desmond, biograf şi Honorary Research Fellow, Departamentul de Biologie, UCL; Charles Smith, Profesor şi Science Libra- rian, Western Kentucky University; John van Whye, fondatorul şi directorul proiectului The Complete Works of Charles Darwin Online; James Moore, biograf şi Profesor la Departamentul de Istorie, Open University; James Le Fanu, medic şi istoric al ştiinţei şi medicinei.

Apariţia şi evoluţia vieţii: profesor Adrian Lister, Merit Researcher, Departamentul de Paleontologie, Natural History Museum; Jim Mallet, Profesor la Departamentul de Genetică, Evoluţie şi Mediu, UCL; Johnjoe McFadden, Profesor de Genetică Moleculară, University of Surrey; Mark Pallen, Profesor de Genomică Microbiană, University of Birmingham; Chris Orengo, Profesor de Bioinformatică, UCL; Jerry Coyne, Profesor la Departamentul de Ecologie şi Evoluţie, University of Chicago; Lynn Margulis, Distinguished Professor, University of Massachusetts; Jim Valentine, Profesor Emerit, Departamentul de Biologie Integrativă, University of California, Berkeley; Jeffrey H. Schwartz, Profesor de Antropologie Fizică şi de Istoria şi Filozofia Ştiinţei, University of Pittsburgh; Hans Thewissen, Profesor de Anatomie la Departamentul de Anatomie şi Neurobiologie, Northeastern Ohio Universities College of Medi- cine; Rupert Sheldrake, biolog celular şi director al Perrott-Warrick Project, finanţat de Trinity College, Cambridge; Simon Conway Morris, Profesor de Paleobiologie Evoluţionistă, University of Cambridge; Francis Heylighen, Re- search Professor, Free University of Brussels; Jonathan Fry, Senior Lecturer, Departamentul de Neuroştiinţe, Fiziologie şi Farmacologie, UCL; Thomas Lentz, Profesor Emerit de Biologie Celulară, Yale University School of Medi- cine; Richard Goldstein, de la Secţia de Biologie Matematică, National Institute for Medical Research, Londra; Avrion Mitchison, Profesor Emerit de Anatomie Zoologică şi Comparativă, UCL.

Comportamentul animal: Volker Sommer, Profesor de Antropologie Evoluţionistă, UCL; Alex Thornton, Drapers' Company Research Fellow, Pem- broke College, Cambridge; Heikki Helanteră, Academy Research Fellow, University of Helsinki; Simon Reader, profesor asociat la Departamentul de Biologie, McGill University.

Apariţia oamenilor: Robin Derricourt, istoric arheolog, University of New South Wales; C. Owen Lovejoy, Profesor la Departamentul de Antropologie, Kent State University; Tim White, Profesor la Departamentul de Biologie Integrativă, University of California, Berkeley.

Evoluţia oamenilor: Steven LeBlanc, Profesor de Arheologie, Harvard University; John Lagerwey, Profesor la Centrul de Studii Est-asiatice, Chi- nese University of Hong Kong; Liz Graham, Profesor de

Arheologie Mezo- americană, UCL; Subhash Kak, Regents Professor of Computer Science, Oklahoma State University; Fiona Coward, doctor în Ştiinţe Arheologice, Bournemouth University; Dorian Fuller, conferenţiar specialist în Arheobo- tanică, UCL; Pat Rice, Profesor Emerit la Departamentul de Sociologie şi Antropologie, West Virginia University; Damien Keown, Profesor de Etică Budistă, Goldsmiths, University of London; Stephen Batchelor, profesor şi autor, specialist în budism; Naomi Appleton, Chancellor's Fellow in Religious Studies, University of Edinburgh; Simon Brodbeck, lector al Şcolii de Istorie, Arheologie şi Religie, Cardiff University; Chad Hansen, Profesor de Filozofie, University of Hong Kong; Gavin White, autor al Babylonian Star-Lore; Mag- nus Widell, Lector de Asiriologie, University of Liverpool; Stephen Conway, Profesor şi Şef al Departamentului de Istorie, UCL; Bruce Kent, fondator şi vicepreşedinte al Mişcării de Abolire a Războiului; Dean Radin, Chief Scientist, Institute of Noetic Sciences.

Charles Palliser, romancier, mi-a oferit sugestii asupra anumitor capitole din punctul de vedere al unui nespecialist.

Dacă au mai rămas eventuale greşeli, sunt responsabilitatea mea. Nu toţi specialiştii consultaţi sunt de acord cu concluziile la care am ajuns pe baza dovezilor. Am încercat să obţin mai ales comentariile celor ale căror lucrări arătau că susţin poziţii contrare. Cu unii dintre ei am purtat o corespondenţă voluminoasă, în care îmi atrăgeau atenţia asupra unor dovezi de care nu ştiam, dădeau o interpretare diferită dovezilor sau pur şi simplu îmi puneau în discuţie argumentele. Apreciez enorm aceste schimburi care mi-au îmbunătăţit manuscrisul şi concluziile. Alţii au fost suficient de deschişi la minte încât să recunoască faptul că, după ce au reflectat suficient, au fost de acord cu concluziile mele. Unii specialişti nu erau de acord cu alţi colegi din domeniul lor de activitate.

Deşi întrebările despre ce suntem, de unde venim şi de ce ne aflăm aici m-au fascinat încă de când eram elev, ideea de a face cercetări în privinţa acestor subiecte şi de a scrie o carte despre ele mi-a venit în 2002. După ce am devenit Royal Literary Fund Fellow la University College London, în 2004, am beneficiat de veniturile, mediul şi biblioteca de care aveam nevoie pentru a-mi duce la capăt proiectul şi, astfel, cartea a-nceput să prindă contur în 2006. Sunt foarte recunoscător pentru sprijinul oferit UCL şi colegilor mei de acolo, celor de la Graduate School, studenţilor pe care i-am îndrumat şi de la care am avut în consecinţă de învăţat şi RLF, pentru că a finanţat bursa. Sunt de asemenea recunoscător Consiliului Artelor din Anglia, care în 2009 mi-a acordat un grant literar ce mi-a permis să-mi folosesc cea mai mare parte din timp pentru a scrie şi a citi. Katie Aspinall a fost atât de amabilă, încât mi-a pus la dispoziţie cabana ei

din Oxfordshire, ceea ce mi-a permis perioade îndelungate de reflecţie neîntreruptă.

Când prietenii mei au vrut să-şi arate sprijinul pentru munca depusă, mi-au spus că proiectul e ambiţios. Atunci când au vrut să fie realişti, mi-au spus că este nebunesc. În momentele de luciditate, am fost de acord cu a doua variantă. Îi datorez enorm agentului meu, Caspian Dennis, de la Abner Stein, care a avut încredere în acest proiect şi s-a priceput să-l ofere editorului potrivit la momentul potrivit. Andrew Lockett, nou-numitul director editorial de la Duckworth, a fost intrigat de propunerea noastră şi, în prima lui săptămână de lucru, ne-a invitat să-l vizităm. Proiectul avea nevoie de aprobarea proprietarului editurii, Peter Meyer, fondator, de asemenea, al Overlook Press din New York. Interviul extrem de politicos, dar şi extrem de riguros, pe care l-am avut cu Peter în timpul uneia dintre deplasările mele la Londra m-a făcut să înţeleg de ce, vreme de douăzeci de ani, el a fost cel mai important şi mai inovator editor din lume, incluzând aici cei optsprezece ani în care a condus Penguin Books. Andrew a susţinut publicarea cărţii şi a oferit comentarii editoriale nepreţuite. Echipa sa, compusă din Melissa Tricoire, Claire Eastham, Jane Rogers şi David Marshall s-a arătat, de asemenea, plină de entuziasm, reuşind să producă o carte atractivă şi accesibilă şi s-o aducă în atenţia potenţialilor cititori. La fel de entuziaşti au fost şi Nikki Griffits, succesorul lui Andrew în funcţia de director editorial, şi De- borah Blake, redactorul cărţii. Le sunt, de asemenea, recunoscător lui Tracy Carns şi Erik Hane, de la Overlook Press.

Londra, 2015

CAPITOLUL 1
Cercetarea

…„dacă vom descoperi o teorie completă, ea ar trebui, în timp, să poată fi înţeleasă în principiu de toată lumea, nu doar de câţiva oameni de ştiinţă. Atunci vom putea cu toţii, filozofi, oameni de ştiinţă şi oameni obişnuiţi, să luăm parte la discuţia cu privire la motivul pentru care noi şi Universul existăm. Dacă vom afla răspunsul, acesta va fi triumful suprem al raţiunii umane - pentru că atunci vom afla cum gândeşte Dumnezeu.

Stephen Hawking, 1988

Când vom fi reuşit să punem cap la cap suficiente cunoştinţe sigure, vom înţelege cine suntem şi de ce suntem aici...

Edward O. Wilson, 1988

Ce suntem? Şi de ce ne aflăm aici? Iată nişte întrebări care i-au fascinat pe oameni vreme de cel puţin 25.000 de ani. În vasta majoritate a timpului, am încercat să răspundem la aceste întrebări prin credinţe supranaturale. Abia cu 3.000 de ani în urmă am început să căutăm răspunsurile prin interogaţie filozofică şi prin reflecţie. Acum 150 de ani, *Originea speciilor* a lui Charles Darwin a marcat începutul unei abordări cu totul noi. Metoda empirică adoptată de Darwin a dus în cele din urmă la ideea că suntem produsul evoluţiei biologice. Cu 50 de ani în urmă, cosmologii au ajuns la concluzia că materia şi energia din care suntem alcătuiţi îşi au originea într-un Big Bang din care a apărut universul. Iar acum vreo 30 de ani specialiştii în neuroştiinţe au început să arate cum ceea ce vedem, auzim, simţim şi gândim se corelează cu activitatea neuronilor din anumite părţi ale creierului.

Toate aceste realizări spectaculoase în ştiinţă au fost posibile datorită unor progrese corespunzătoare în tehnologie care au produs, la rândul lor, o creştere exponenţială a datelor. Aceasta a dus apoi la ramificarea câmpului preocupărilor ştiinţifice în subdomenii tot mai înguste şi mai specializate ale cercetării. În timpurile recente, nimeni nu s-a dat înapoi de la a cerceta şi ultima frunză din arborele evolutiv pentru a afla cu ajutorul lui ce suntem, de unde venim şi de ce existăm.

În această carte exact asta voi încerca să fac: să văd ce informaţii de încredere ne poate oferi ştiinţa, prin observaţie sistematică şi experiment, despre motivul şi modul în care am evoluat de la originea universului şi dacă ceea ce suntem ne face diferiţi de toate celelalte

animale.

Voi încerca să mă achit de această sarcină în patru părţi. În prima parte, voi analiza explicaţiile pe care le oferă ştiinţa cu privire la apariţia şi evoluţia materiei şi energiei din care suntem alcătuiţi. În partea a doua voi analiza apariţia şi evoluţia vieţii, întrucât suntem materie vie, iar în partea a treia ne vom ocupa de apariţia şi evoluţia omului. În partea a patra voi încerca să văd dacă dovezile prezintă anumite tipare coerente care să-mi permită să trag nişte concluzii.

În fiecare dintre aceste părţi voi descompune întrebarea fundamentală *ce suntem?* în întrebările componente care constituie obiectul de cercetare al unor domenii specializate, voi încerca să identific în publicaţiile recunoscute la nivel academic, pentru fiecare domeniu, răspunsuri susţinute de dovezi empirice mai degrabă decât derivate din speculaţii şi credinţe nefondate şi voi căuta tipare care să ne permită să tragem anumite concluzii. Numai dacă o astfel de abordare nu va reuşi să-mi ofere o explicaţie satisfăcătoare voi cerceta corectitudinea ipotezelor şi conjecturilor şi voi lua în considerare alte posibile metode de cunoaştere, precum intuiţia.

Îi voi ruga atunci pe specialiştii din fiecare domeniu (pe care i-am numit în secţiunea de mulţumiri) să vadă dacă nu s-au strecurat erori factuale, omisiuni sau concluzii nerezonabile în rezultatele mele provizorii.

La finalul fiecărui capitol, voi trece în revistă concluziile la care am ajuns, pentru a le pune la îndemâna cititorilor care vor dori să sară peste părţile mai tehnice ale cărţii.

Unele dintre întrebările din această carte m-au fascinat încă de când eram pe băncile şcolii. În afară de faptul că am colaborat la două studii ştiinţifice, că am scris o carte în domeniul ştiinţelor sociale şi că am avut timp de patru ani o catedră part-time de fizică la Open University, nu am avut activitate practică de cercetare şi, în acest sens, nu sunt calificat pentru sarcina la care m-am înhămat. Pe de altă parte, puţini oameni de ştiinţă posedă astăzi cunoştinţe în afara domeniului în care s-au pregătit şi activează.

Anticipez că mulţi asemenea specialişti vor obiecta că nu am scris suficient de detaliat despre domeniul lor. Dacă aşa va fi, pledez dinainte vinovat. Eu încerc să scriu o carte, nu o bibliotecă, aşa că sunt nevoit să extrag esenţialul pentru a prezenta o imagine de ansamblu a evoluţiei umane: o imagine a ceea ce suntem şi a motivului pentru care suntem aici.

În ciuda eforturilor mele de a corecta greşelile, anumite detalii s-ar putea dovedi totuşi incorecte, şi îmi asum întreaga responsabilitate. De asemenea, există riscul ca altele să fie depăşite prin prisma unor noi descoperiri care ar putea să apară între scrierea şi publicarea

cărţii, dar aşa este ştiinţa, avansează, spre deosebire de credinţe. Sper totuşi ca volumul să ofere un cadru cuprinzător pe care alţii să-l poată folosi ca punct de pornire şi să-l îmbunătăţească.

Pg.22

Majoritatea oamenilor de pe planetă nu acceptă totuşi că suntem rezultatul unui proces evolutiv. Continuă să creadă tot felul de mituri care ne explică originea. Voi începe, aşadar, cu un capitol în care voi încerca să văd care sunt aceste mituri, cum de au rezistat cinci secole de când a început revoluţia ştiinţifică şi cum au influenţat ele gândirea ştiinţifică.

În mare parte, neînţelegerea provine din faptul că oamenii folosesc acelaşi cuvânt pentru a desemna lucruri diferite: înţelesurile se schimbă în timp şi în funcţie de contextul cultural. Pentru a reduce cât mai mult riscul unor neînţelegeri, voi preciza sensul exact pe care-l am în vedere în cazul oricărui cuvânt important şi potenţial ambiguu atunci când îl folosesc prima oară şi voi reuni toţi aceşti termeni în glosarul de la sfârşitul cărţii, care include şi definiţiile unor termeni tehnici de neevitat.

Primul termen care trebuie definit este „ştiinţă“. Provine din latinescul scientia, care înseamnă „cunoaştere". Diferitele tipuri de cunoaştere pot fi dobândite, sau aşa-zis dobândite, în moduri diferite. Cam de prin secolul al XVI-lea a ajuns să însemne cunoaştere despre lumea naturală - neînsufleţită şi însufleţită - obţinută prin observaţie şi experiment, spre deosebire de cunoaşterea obţinută doar prin reflecţie, introspecţie sau revelaţie. Prin urmare, o definiţie a ştiinţei trebuie să includă mijloacele prin care este obţinută acea cunoaştere. Modul în care înţelegem ştiinţa în acest moment poate fi rezumat astfel:

ştiinţă Încercarea de a înţelege şi de a explica fenomenele naturale folosind observaţii şi experimente sistematice, de preferat măsurabile, şi de a reflecta asupra cunoaşterii astfel obţinute pentru a infera legi verificabile şi a face predicţii sau retrodicţii.

retrodicţie Rezultat care a apărut în trecut, dar este dedus sau prezis pe baza unei legi sau teorii ştiinţifice ulterioare.

Ştiinţa încearcă să formuleze o lege, sau o teorie mai generală, pentru a explica felul invariabil în care se manifestă un sistem de fenomene. Folosim o astfel de lege sau de teorie pentru a prevedea rezultate ulterioare, aplicându-le unor fenomene specifice în cadrul sistemului. De exemplu, în cadrul sistemului obiectelor care se mişcă aplicăm legile newtoniene ale mişcării pentru a anticipa cum se va deplasa o rachetă lansată în anumite circumstanţe.

Ştiinţa poate să ne ofere informaţii şi despre fenomene din trecut. Un exemplu de retrodicţie este faptul că din teoria plăcilor tectonice

putem deduce că fosile similare datând dinainte de fragmentarea supercontinentului Pangeea, cu aproximativ 200 de milioane de ani în urmă, vor fi găsite de-a lungul coastelor de vest ale Americii de Sud, complementare cu coastele de est ale Africii de Sud.

Pg.23

Din secolul al XVIII-lea, studiul fenomenelor naturale s-a extins la oameni şi la relaţiile sociale. Utilizarea metodei ştiinţifice în astfel de studii a dus, până în secolul al XIX-lea, la apariţia ştiinţelor sociale, un termen-umbrelă care se referă la discipline precum arheologia, antropologia, sociologia, psihologia, ştiinţele politice sau chiar istoria. Voi trece în revistă descoperiri relevante din aceste domenii în partea a treia.

Unii consideră matematica o ştiinţă, dar câmpul ei de studiu se întinde mult dincolo de fenomenele naturale, iar teoriile ei nu pot fi testate empiric. În contextul investigaţiei noastre, cred că este mai bine să etichetăm matematica drept un limbaj în care o parte din ştiinţă, în special legile ei, poate fi exprimată.

Termenul „teorie“ are, în ştiinţă, un sens mai specific decât în limbajul cotidian, însă chiar şi în ştiinţă adesea nu se face o distincţie clară între termenii „teorie“ şi „ipoteză“. De aceea, e util să vedem care e diferenţa dintre cele două.

> **ipoteză** Teorie provizorie construită pentru a explica un fenomen sau un ansamblu de fenomene şi folosită ca punct de plecare pentru o investigaţie mai avansată; se ajunge de obicei la o ipoteză fie prin observaţie, fie prin raţionamente inductive, atunci când dovezile examinate se dovedesc insuficiente; orice ipoteză trebuie să fie falsificabilă.

Criteriul falsificabilităţii a fost propus de filozoful ştiinţei Karl Popper. În practică acest lucru poate să nu fie chiar simplu de obţinut, dar cei mai mulţi oameni de ştiinţă acceptă azi principiul că, pentru a diferenţia între o ipoteză ştiinţifică şi o simplă conjectură sau convingere, cea dintâi trebuie să fie supusă unor teste empirice care să poată s-o falsifice.

> **teorie** Explicaţia unui ansamblu de fenomene care a fost confirmată printr-un număr de experimente sau observaţii independente şi este folosită pentru a face predicţii sau retrodicţii riguroase cu privire la acest ansamblu de fenomene.

Cu cât o teorie ştiinţifică poate explica o gamă mai largă de fenomene, cu atât este mai utilă. Pentru că ştiinţa avansează prin descoperirea de noi dovezi şi folosirea unor instrumente de gândire tot mai inovative, o teorie ştiinţifică poate fi modificată sau respinsă pe baza unor dovezi care o contrazic, însă nu poate fi niciodată dovedită în totalitate. Totuşi, anumite teorii sunt considerate azi foarte bine întemeiate. De exemplu, în vreme ce teoria conform căreia Pământul

se află în centrul universului, iar Soarele şi alte stele se învârt în jurul lui a fost respinsă, teoria conform căreia Pământul se învârte în jurul Soarelui a fost validată de atât de multe observaţii şi predicţii riguroase, încât este acceptată ca un fapt bine stabilit. Însă nici chiar acest fapt s-ar putea să nu rămână valabil pentru totdeauna. Cu siguranţă, lucrurile nu vor mai sta aşa în aproximativ 5 miliarde de ani, când, aşa cum estimează majoritatea studiilor, Soarele va deveni o gigantă roşie care se va extinde până când va cuprinde şi va pârjoli Pământul.

Pg.24

Orice cercetare este în mare măsură influenţată de convingerile anterioare. Eu am fost crescut şi educat să fiu un bun catolic, am devenit ateu, iar acum mă consider agnostic. Nu am idei preconcepute cu privire la teism, deism şi materialism. Chiar nu ştiu care e adevărul. Dar tocmai această neştiinţă m-a făcut să mă lansez cu entuziasm în încercarea de a descoperi, pe baza dovezilor ştiinţifice, ce anume suntem şi ce am putea deveni. Îi învit pe cititorii cu mintea deschisă să mi se alăture în această călătorie.

PARTEA ÎNTÂI
Apariţia şi evoluţia materiei

CAPITOLUL 2
Miturile originilor

Vreau să ştiu cum a creat Dumnezeu această lume.
Albert Einstein, 1955

Lumea şi timpul au avut acelaşi început. Lumea nu a fost creată în timp, ci odată cu timpul.
Sfântul Augustin, 417

Începând cu data de 11 februarie 2003[1], explicaţia standard a ştiinţei, prezentată de obicei ca fapt dovedit, este că, acum 13,7 miliarde de ani, universul (incluzând aici spaţiul şi timpul, precum şi materia şi energia) a apărut sub forma unui punct incandescent cu o densitate infinită şi o temperatură incredibil de mare, care s-a extins apoi şi s-a răcit ajungând la forma pe care o vedem azi. Acesta este Big Bangul din care am apărut.

Înainte să vedem dacă ştiinţa poate explica evoluţia noastră din materie şi energie, voi trece în revistă miturile originilor care sunt crezute de o vastă majoritate a populaţiei lumii. Este instructiv să examinăm ideile principale ale acestor mituri, diversele moduri în care le-au explicat sociologii, dacă aceste explicaţii trec testul soliditătii dovezilor sau raţionamentelor, de ce miturile respective au rezistat timpului şi în ce măsură au influenţat gândirea ştiinţifică.

TEME PRINCIPALE

Fiecare cultură care a existat vreodată are unul sau mai multe mituri cu privire la felul în care au apărut universul şi oamenii: a înţelege de unde venim este parte a dorinţei specific umane de a înţelege ce anume suntem.

Pg.29

Rig Veda, cel mai vechi text sacru al omenirii şi cea mai importantă scriere a ceea ce numim acum hinduism, are trei astfel de mituri în cea de-a zecea carte a imnurilor închinate zeilor. *Brahmanele,* părţile secunde ale fiecărei vede, dedicate ritualurilor, propun alte asemenea mituri, în vreme ce majoritatea *Upanişadelor,* scrieri care povestesc experienţele mistice ale clarvăzătorilor, ataşate prin tradiţie la finalul vedelor[2], exprimă în moduri diferite o viziune unică cu privire la originea universului.[1] Culturile iudeo-creştină şi islamică împărtăşesc,

în mare, o anume explicaţie a creaţiei, în timp ce alte culturi au propriile explicaţii. Chinezii au cel puţin patru asemenea mituri ale originilor, cu diverse versiuni. Deşi fiecare mit este diferit[2], există nouă teme recurente, iar unele se întrepătrund.

Haosul sau apa primordială

Multe mituri povestesc despre un haos preexistent, uneori imaginat ca o întindere de apă, din care un zeu apare pentru a crea lumea sau diverse părţi ale ei. Pelasgii, care au pătruns în peninsula greacă venind din Asia Mică pe la 3500 î.Hr., au adus cu ei povestea zeiţei creatoare Eurynome, care a apărut goală din Haos.[3] Miturile heliopolitane din Egipt, datând din mileniul al IV-lea î.Hr., vorbesc despre Nu, abisul primordial al apelor, din care apare Atum, care creează lumea prin masturbare. În jurul anului 2400 î.Hr., Atum a ajuns să fie identificat cu Ra, zeul Soarelui, iar apariţia lui a fost identificată cu răsăritul Soarelui şi cu destrămarea întunericului haotic.

Scufundătorul divin

Alte mituri, răspândite prin Siberia, Asia şi în rândul anumitor triburi amerindiene vorbesc despre un animal preexistent - deseori o broască ţestoasă sau o pasăre - care se scufundă în oceanul primordial pentru a aduce o bucată de pământ care creşte apoi formând întreaga lume.

Oul cosmogonic

În anumite părţi ale Indiei, Asiei, Europei şi Pacificului, sursa creaţiei este un ou. Satapatha Brahmana spune că din apele primordiale a luat fiinţă zeul creator Prajapati, sub forma unui ou de aur. După un an, el sparge oul şi încearcă să vorbească. Primul său cuvânt devine pământul, al doilea aerul ş.a.m.d. În mod similar, o versiune a mitului chinez al lui P'an Ku începe cu un mare ou cosmic înăuntrul căruia embrionul lui P'an Ku pluteşte în haos. În mitul orfic grec al creaţiei, care datează din secolul al VII-lea sau al VI-lea î.Hr. şi care contrastează cu miturile homerice, timpul este cel care creează oul de argint al cosmosului din care iese zeitatea bisexuală Phanes-Dionysos, ce poartă cu sine sămânţa tuturor zeilor şi tuturor oamenilor şi care creează cerul şi pământul.

Părinţii lumii

O temă larg răspândită vorbeşte despre tatăl lumii - de obicei cerul - care se împreunează cu mama lumii - de obicei pământul - pentru a

da naştere elementelor lumii. Adeseori ei rămân într-o îmbrăţişare sexuală, indiferenţi la copiii lor, precum într-un străvechi mit maori.

Rebeliunea copiilor

În câteva mituri, copiii se revoltă împotriva părinţilor. Copiii din mitul maori - păduri, plante comestibile, oceanele şi omul - se luptă cu părinţii pentru spaţiu. Probabil cel mai cunoscut mit de acest fel este Teogonia compusă de poetul grec Hesiod în secolul al VlII-lea î.Hr. Acolo sunt povestite rebeliunile mai multor generaţii de zei împotriva părinţilor lor, dintre care primii au fost Haosul, Pământul, Tartarul (lumea de jos) şi Eros (dragostea); în cele din urmă triumfător va fi Zeus.

Sacrificiul

Ideea creaţiei prin intermediul sacrificiului apare adeseori. Mitul chinez al lu P'an Ku spune: „Lumea nu a început până când P'an Ku nu a murit. Doar moartea lui a putut desăvârşi universul. Din craniul lui a fost sculptată bolta cerului, iar din carnea lui s-a făcut pământul din care cresc lanurile [...]. Din viermii care i-au acoperit corpul a apărut omenirea."[4]

Lupta primordială

Marea epopee babiloniană, *Enuma Eliş,* descrie luptele dintre zeii sumerieni şi zeităţile locale ale Babilonului, Marduk şi urmaşii săi. Marduk îi ucide pe zeiţa originară supravieţuitoare, Tiamat, şi pe monştrii Haosului, stabileşte ordinea şi devine zeul suprem, creatorul universal: întreaga natură, inclusiv oamenii, îi datorează existenţa. Mituri similare apar peste tot în lume, de exemplu victoria zeilor celeşti masculini ai invadatorilor arieni asupra zeiţelor fertile ale pelasgilor şi cretanilor.

Creaţia din nimic

Motivul creaţiei din nimic apare numai în câteva mituri. Totuşi, acest mit nu este doar unul dintre cele mai răspândite în aceste moment, ci şi explicaţia ştiinţifică favorizată în prezent.

Cea mai veche versiune apare în *Rig Veda.* Cercetările arheoastronomice recente pun la îndoială datarea realizată în secolul al XlX-lea de Max Muller şi susţin argumentul tradiţiei indiene; ele conchid că această versiune s-a format într-o perioadă de aproximativ două milenii, începând în jurul anului 4.000 î.Hr.[5] În cea de-a zecea şi ultima carte, imnul 129 spune:

„Pe-atunci nu era nefiinţare ori fiinţă, văzduh nu era şi nici

cerul de sus [...] Prin sineşi cel unic sufla făr' de suflu şi-afară de el n-a mai fost altceva."[3]

Această idee este dezvoltată în *Upanişade,* cele mai importante fiind scrise probabil între anii 1000 şi 500 î.Hr. În *Chandogya Upanishad* este rezumată această viziune centrală: „Universul vine din Brahman şi se va întoarce în Brahman. De bună seamă, Brahman este Totul." Unele Upanişade folosesc metafore, alegorii, parabole, dialoguri şi anecdote pentru a-l înfăţişa pe Brahman drept o realitate ultimă care există în afara spaţiului şi timpului, din care provine totul şi din care este format totul. El este interpretat în general ca fiind Conştiinţa Cosmică, Spiritul Cosmic sau Zeitatea Supremă care trece dincolo de toate formele.

Daoismul exprimă o idee similară. Principalul text daoist, cunoscut în China drept *Lao-Tzu*, iar în Europa drept *Tao te Ching,* a fost probabil compilat între secolele al Vl-lea şi al III-lea î.Hr. El sugerează unicitatea şi eternitatea lui Dao, Calea. Dao este „nimic", în sensul că nu este „un lucru": este lipsit de nume şi de formă, este matricea a tot ce există şi forma a tot ce există. Calea, sau Nimicul, dă naştere existenţei, existenţa dă naştere contrariilor yin şi yang, iar yin şi yang dau naştere tuturor lucrurilor: femeie şi bărbat, pământ şi cer ş.a.m.d.

Prima carte a scripturilor evreieşti, scrisă nu mai devreme de sfârşitul secolului al VII-lea î.Hr.[6], începe cu următoarele cuvinte: „La început, a făcut Dumnezeu Cerul şi Pământul"[7]. Următorul verset descrie Pământul în termeni care amintesc de miturile haosului apelor primordiale, apoi, după ce Dumnezeu spune „să fie lumină!", iar lumina este creată, ea va fi separată de întuneric în prima zi a creaţiei. În următoarele cinci zile, el va crea în acelaşi fel toate celelalte lucruri din univers.

În Coran, scris în secolul al VII-lea d.Hr., Dumnezeu creează Cerul şi Pământul în acelaşi fel, prin poruncă.[8]

Ciclul etern

Mai multe mituri care îşi au originea în India neagă faptul că universul ar fi fost creat şi susţin că a existat dintotdeauna şi că acest univers etern se dezvoltă în cicluri.

Buddha a spus, în secolul al V-lea î.Hr., că încercarea de a dezlega tainele originii universului aduce nebunie celor care se încumetă.[9] Asta nu i-a împiedicat, desigur, pe adepţii săi să încerce. Ei au aplicat viziunea lui că toate lucrurile sunt impermanente, că apar tot timpul şi devin, se află într-o schimbare permanentă şi dispar, cu rezultatul că majoritatea şcolilor budiste îşi învaţă astăzi discipolii că universul se extinde şi se contractă, se dizolvă în nefiinţă şi reintră apoi în fiinţă, într-un ritm etern.

Este posibil să fi fost influenţaţi de jainişti, al căror maestru, Tirthankara (ad litteram Cel care deschide calea - adică cel care te ajută să traversezi râul renaşterilor şi să ajungi la starea eliberării supreme a sufletului), a început să predice înaintea lui Buddha, în estul Indiei. Jainiştii susţin că universul este increat şi etern. Timpul este ca o roată cu douăsprezece spiţe care măsoară *yuga* sau vârstele lumii, fiecare având o durată de mii de ani. Şase dintre spiţe formează un arc ascendent în care cunoaşterea şi fericirea omeneşti cresc, în timp ce în arcul descendent format din celelalte spiţe aceste atribute descresc. Atunci când ciclul va ajunge în punctul său cel mai de jos, chiar şi jainismul va dispărea. Apoi, în timpul creşterii din următorul ciclu, cunoaşterea jainistă va fi redescoperită şi va fi introdusă de noi maeştri, doar pentru a se pierde din nou când se va ajunge iarăşi în punctul cel mai de jos, în mişcarea fără de sfârşit a roţii timpului.

Această viziune este similară în cele mai multe credinţe de tip yogin, care derivă din filozofia vedică. De obicei, acestea afirmă că există numai patru *yuga*. Prima, Satya Yuga sau Krita Yuga, durează 1.728.000 de ani, în timp ce a patra, Kali, durează numai 432.000 de ani. Trecerea de la Satya la Kali se asociază cu o deteriorare treptată a bunei conduite, dharma, care se manifestă printr-o scădere a duratei vieţii omeneşti şi a calităţii standardelor morale ale oamenilor. Din nefericire, ne aflăm acum în era Kali.

EXPLICAŢII

Numeroasele explicaţii ale acestor mituri ale originilor pot fi grupate în cinci categorii.

Adevărul literal

Din moment ce fiecare mit al originilor este diferit, nu pot fi toate literal adevărate. Totuşi, anumite culturi susţin că mitul lor este literal adevărat. 63% dintre americani cred că Biblia este cuvântul lui Dumnezeu şi că este literal adevărată[10], în timp ce majoritatea covârşitoare[4] a celor 1,6 miliarde de musulmani din întreaga lume cred în adevărul literal al Coranului pentru că el ar reprezenta cuvântul lui Dumnezeu, scris în ceruri pe o tăbliţă şi dictat lui Mahomed de către Arhanghelul Gavril.

Mulţi dintre cei care cred în adevărul literal al Bibliei iau de bun calculul făcut de James Ussher pe baza textului Genezei, care a arătat că actul creaţiei, care a durat şase zile, a fost desăvârşit într-o sâmbătă, pe 22 octombrie 4004 î.Hr., la ora 6 p.m.[5] Cu toate acestea, majoritatea covârşitoare a dovezilor geologice, paleontologice şi biologice, folosind datarea radiometrică a rocilor, fosilelor şi miezului

de gheaţă arată o vârstă a Pământului de cel puţin 4,3 miliarde de ani. Datele astronomice arată că universul are 10-20 de miliarde de ani. Dovezile împotriva adevărului literal al credinţei creaţioniste sunt concludente.[12] Mai mult, a crede în adevărul literal al Bibliei înseamnă a crede cel puţin două versiuni contradictorii ale mitului creaţiei. În Geneză 1: 1-26, Dumnezeu creează plantele şi copacii în cea de-a treia zi, peştii şi păsările în cea de-a cincea zi, animalele la începutul celei de-a şasea zile, iar bărbatul şi femeia, după chipul şi asemănarea Lui, la sfârşitul celei de-a şasea zile. În Geneză 2, pe de altă parte, Dumnezeu creează întâi bărbatul din ţărână; abia după aceea creează o grădină unde face să crească plante şi copaci, apoi creează din pământ toate păsările şi animalele - peştii nu sunt menţionaţi - şi abia la sfârşit va crea femeia din coasta bărbatului.

Pentru adepţii adevărului literal al Coranului este, de asemenea, ilogic să creadă că Dumnezeu a creat Pământul şi cerurile în opt zile (Sura 41: 9-12) şi, apoi, că a creat Pământul şi cerurile în şase zile (Sura 7: 45).

Metafora

Barbara Sproul, unul dintre cei mai importanţi cercetători ai miturilor originilor, spune că, deşi nu pot fi literal adevărate simultan, toate miturile folosesc metafore pentru a-şi exprima adevărul. Ea citează ca dovadă numai interpretarea pe care o dă antropologul Marcel Griaule explicaţiei unui şaman dogon care susţine că mitul tribului său trebuie exprimat în termenii lumii de jos. În rest, autoarea explică semnificaţiile diverselor mituri ale originilor. În miturile heliopolitane, zeul creator care generează lumea prin masturbare reprezintă dualitatea internalizată care exprimă orice altă dualitate şi, astfel, „devine sacru şi dezvăluie natura realităţii numai dacă înţelegem ce anume semnifică aceasta“[13]. Sproul nu oferă totuşi nici o dovadă că oamenii care au creat aceste mituri şi cu atât mai puţin populaţia de acum 5000 de ani a Heliopolisului împărtăşeau acest fel de a înţelege lucrurile.

Pentru celelalte exemple pe care le citează, este greu de evitat impresia că nu face altceva decât să-şi proiecteze propriile interpretări de sfârşit de secol XX asupra miturilor analizate. Dacă 63% din populaţia ţării care cunoaşte cea mai avansată tehnologie crede că mitul Genezei este literal adevărat, este rezonabil să presupunem că triburile nomade de acum 4000 de ani sau chiar şi scribii regelui Iosua de acum două milenii şi jumătate îşi priveau miturile ca pe o metaforă?

Deşi este rezonabil ca, pe baza contextului în care au apărut, să presupunem că anumite mituri ale originilor, precum cele din Upanişade, folosesc deliberat metafora, Sproul nu oferă dovezi care să

demonstreze că majoritatea acestor mituri ar fi fost înţelese de popoarele străvechi altfel decât în sens literal.

Aspecte ale realităţii absolute

Sproul susţine că toate religiile afirmă existenţa unei realităţi absolute care este simultan transcendentă (adevărată în toate timpurile şi spaţiile) şi imanentă (adevărată aici şi acum) şi că „numai miturile creaţiei au drept scop primordial afirmarea acestei realităţi"[14]. Mai mult, colecţia ei de mituri ale creaţiei „nu arată vreo diferenţă esenţială în privinţa semnificaţiei; arată mai degrabă o similaritate între viziuni care au la bază o mare varietate de puncte de vedere"[15].

Astfel, multe dintre miturile originilor vorbesc despre principii opuse: lumină şi întuneric, spirit şi materie, masculin şi feminin, bine şi rău ş.a.m.d. Cele mai profunde dintre aceste mituri vorbesc despre dualitatea dintre Fiinţă şi Nonfiinţă, precum *Chandogya Upanishad*, care afirmă că Nonfiinţa a fost produsă din Fiinţă, în timp ce altele, precum un mit maori, afirmă că Nonfiinţa însăşi este sursa întregii Fiinţe şi a întregii Nonfiinţe. Unii văd originea tuturor contrariilor în Haos, unde se află, potenţial, toate opoziţiile. Creaţia apare atunci când Haosul se coagulează şi prinde formă, acţionând apoi asupra a tot ce e încă neformat pentru a produce noi contrarii şi a crea astfel lumea. „Care este realitatea absolută aici? Haosul însuşi? Sau copilul Haosului care acţionează asupra lui? Ambele. Sunt unul şi acelaşi lucru."[16]

Diferenţele apar doar pentru că miturile vorbesc despre ceea ce nu poate fi cunoscut în termenii a ceea ce e cunoscut, de obicei prin antropomorfizare sau prin folosirea unor termeni relativi pentru a descrie ceea ce este absolut. Conform lui Sproul, chiar şi budiştii, jainiştii şi yoghinii, care resping creaţia, nu văd universul lor etern ca fiind separat de un altul care ar fi fost creat; miturile care vorbesc despre originile universului nu fac altceva decât să temporalizeze: vorbesc despre absolut în termenii originarului.

Afirmaţia că toate miturile originilor arată aspecte ale aceleiaşi realităţi absolute este fascinantă. Totuşi, ea nu este susţinută de nici un fel de dovezi concludente. Se explică mai degrabă prin dorinţa lui Sproul de a interpreta aceste mituri în acord cu propriile convingeri şi cu ceea ce constituie realitatea absolută.

Adevărul arhetipal

Sproul, care a fost studenta lui Joseph Campbell, consideră că miturile creaţiei nu sunt importante numai pentru valoarea lor istorică, ci şi pentru că dezvăluie anumite adevăruri arhetipale, care

ne ajută să ne înţelegem propria dezvoltare „fizică, mentală şi spirituală în contextul unui flux ciclic al fiinţei şi nefiinţei şi, în cele din urmă, în unirea absolută dintre cele două."[17]

Modul în care foloseşte psihologia lui Campbell, jungiană la bază, nu oferă însă o explicaţie convingătoare.

Experienţa fetală

Darryl Reanney, specialist în biologia moleculară, sugerează că tema comună a apelor preexistente, întunecate şi lipsite de formă, din care apar lumina şi universul, ar putea fi explicată prin amintirile fătului cu privire la experienţa lichidului amniotic, mediul întunecat, lipsit de formă şi hrănitor din pântecul mamei. „Experienţa naşterii întipărită în creierul prenatal face ca miturile să dezvolte anumite configuraţii de imagini simbolice care ating corzi extrem de sensibile ale psihologiei noastre."[18] Pentru a dovedi această afirmaţie, el arată că activitatea electrică poate fi înregistrată în cortexul cerebral al fătului începând de prin luna a şaptea (cercetările mai recente arată că această activitate apare înainte de luna a şasea).

Aceasta este o conjectură interesantă, dar e greu de prevăzut cum anume ar putea fi validată sau infirmată.

Eu sugerez alte trei explicaţii.

Înţelegerea limitată a fenomenelor naturale

Atunci când s-au dezvoltat aceste mituri, omenirea se afla într-o etapă a evoluţiei sale în care cele mai multe culturi aveau o înţelegere greşită sau limitată a forţelor naturale şi, în afară de estul Indiei şi de unele părţi din China, nu apăruse încă reflecţia filozofică.

Elementul primordial al apei, prezent în multe mituri, poate fi pus pe seama faptului că numeroase populaţii din neoliticul târziu îşi ridicau aşezările pe malul unei ape. Beau din ea şi o foloseau la treburile casnice, dar şi pentru a-şi iriga recoltele. Apa era sursa vieţii şi fertilităţii; înainte de apariţia cetăţilor, era frecvent asociată cu spiritul sau cu zeiţa vieţii.

Cele mai multe mituri provin din culturile din Epoca Bronzului, care nu cunoşteau ştiinţa, în afară de astronomie. Atunci când erau întrebaţi cum a apărut lumea, înţelepţii se inspirau din propria experienţă a procreaţiei. Oamenii şi animalele au fost create prin unirea sexuală a mamelor şi taţilor lor şi, prin urmare, lumea trebuie să fi fost creată prin unirea dintre un tată şi o mamă. Pentru a crea astfel lumea, tatăl trebuia să fie atotputernic, iar cea mai mare forţă pe care o cunoşteau ei era cerul, de unde veneau căldura Soarelui, tunetele, fulgerele şi ploaia care fertilizează tot ceea ce creşte. Pentru a naşte întreaga lume, mama trebuia să fie fertilă în totalitate, iar cel

mai fertil lucru pe care-l cunoşteau era pământul, de unde veneau copacii, vegetaţia şi recoltele. De aici, zeul-cer era tatăl şi zeiţa-pământ era mama.

Înţelepţii diferitelor popoare au văzut că oul este o sursă a vieţii. De aceea, cosmosul, sau zeul care-l creează, trebuie să fi apărut dintr-un ou. Alţi înţelepţi au remarcat ciclurile Soarelui, lunii sau anotimpurilor, precum şi ale recoltelor. Toate acestea se nasc, mor, reapar într-o succesiune aparent fără sfârşit. Aşa funcţionează cele mai importante elemente ale universului şi la fel trebuie să funcţioneze şi universul.

Nevoia politică şi culturală

Până în Epoca Bronzului, spiritele naturii invocate de vânători-culegători s-au transformat în zei, a căror ierarhie funcţională o reflectă pe cea a oraşelor-state aflate în curs de dezvoltare, în vreme ce miturile originilor răspund adesea unei necesităţi politice sau culturale.

Atum, zeul creator autosuficient venerat în Heliopolis în mileniul al IV-lea î.Hr., a fost retrogradat de teologii faraonului Menes, devenind copilul şi slujbaşul lui Ptah, care fusese până atunci doar un zeu al destinului, dar care trebuia ridicat la rangul de zeitate supremă, întrucât era o divinitate locală din Memphis, iar Menes construise o nouă capitală la Memphis.

Miturile creaţiei care au în centru o luptă primordială respectă de obicei acest scenariu. Astfel, în mitul babilonian *Enuma Eliş* uciderea de către Marduk a lui Tiamat şi a monştrilor Haosului care o însoţeau, precum şi ridicarea lui la rang de zeu creator sanctifică şi legitimează triumful babilonienilor asupra vechilor puteri sumeriene şi ordinea impusă de ei în Sumer.

Dovezile arheologice descoperite la finalul secolului XX[19] sugerează că varianta biblică scrisă a mitului creaţiei prin cuvântul lui Dumnezeu se explică cel mai probabil printr-o necesitate politică şi culturală. La sfârşitul secolului al VII-lea î.Hr., regele Iosua şi-a însărcinat scribii să compileze, plecând de la miturile şi legendele regionale, un text canonic care să sanctifice şi să legitimeze uniunea dintre regatul lui Iuda, care-i aparţinea, şi regatul acum decăzut al lui Israel, sub comanda unui singur patriarh şi sub autoritatea unui singur cod de legi. Iahve, zeul local al neamului lui Iuda, care iniţial fusese însoţit cu zeiţa Aşera, a devenit nu doar zeul suprem, ci chiar unicul zeu. Iahve este numele lui Dumnezeu în povestirea creaţiei din Geneză 2. Dar, pentru a-i convinge pe membrii poporului lui Israel să accepte uniunea, acesta trebuia să devină asemenea cu zeii lor. Elohim, numele dat lui Dumnezeu în povestirea creaţiei din Geneză 1, este

termenul generic pentru fiinţa supremă şi a fost folosit pentru prima dată de canaaniţi, ale căror cultură şi teritoriu fuseseră luate în stăpânire de israeliţi, pentru a denumi întregul panteon al zeilor lor; în Geneză 1, toţi aceşti zei sunt subsumaţi unei singure zeităţi. Reflectând rolul de conducător absolut al regatului unit al lui Iuda şi Israel pe care Iosua îl dorea sanctificat, acest zeu unic nu avea decât a rosti un cuvânt, şi ceea ce voia se înfăptuia; astfel a fost creată lumea.

O astfel de modificare a mitului nu este prerogativa cuceritorului. Apaşii chiricahua au o povestire a creaţiei care este o fuziune tragicomică între Vechiul Testament şi mitologia lor dinaintea cuceririi. Potopul biblic îi îneacă pe cei care se închină zeilor montani ai Fulgerului şi Vântului. După ce apele se retrag, doi bărbaţi sunt puşi să aleagă între un arc cu săgeată şi o puşcă. Primul ia arma şi devine bărbatul alb, în timp ce al doilea ia arcul cu săgeată şi devine indianul.

Intuiţia

Unele culturi din India şi China au încurajat antrenarea minţii pentru a dobândi o cunoaştere directă devenind una cu obiectul cercetat. Astfel, înţelepţii mistici ai Indiei au venit cu intuiţia faptului că atman, Sinele esenţial, este una cu întreg universul, care, la rândul lui, este una cu Brahman, entitatea inefabilă, de sine stătătoare, din care s-a desprins. Această intuiţie mistică este foarte similară cu aceea a daoiştilor şi a altor mistici de mai târziu, din alte ţări. Esenţa acestor intuiţii comune trebuie distinsă de interpretările mediate cultural care le-au fost date de discipoli, demonstrând adesea o lipsă de înţelegere a fenomenelor naturale şi sociale ori o necesitate socială sau politică.

CE SPUN DOVEZILE ŞI RAŢIUNEA

Nu avem nici o dovadă pentru a valida în sens ştiinţific vreunul dintre miturile originilor sau vreo explicaţie a lor. Avem totuşi suficiente dovezi pentru a respinge adevărul literal al majorităţii acestor mituri, inclusiv al celor despre care se spune că au fost revelate de un zeu transcendent, atotputernic.

O înţelegere limitată, dacă nu de-a dreptul falsă, a fenomenelor naturale, o necesitate politică şi culturală şi anumite interpretări mediate cultural ale unor intuiţii mistice ar putea fi nişte explicaţii mai prozaice decât cele avansate de cei mai mulţi mitologi, etnologi, psihologi şi alţi savanţi. Nu pot să citez dovezi concludente în sprijinul lor. Totuşi, au avantajul de a fi în acord cu fapte care ne sunt cunoscute şi sunt concluzii la care am ajuns aplicând principiul briciului lui Occam, numit şi regula ştiinţifică a parcimoniei: sunt cele

mai simple explicaţii.

Povestirile despre origini care-şi fondează afirmaţiile nu pe dovezi materiale, nici pe reflecţie, nici pe revelaţia primită de la un zeu transcendent, ci pe intuiţie nu pot fi nici validate, nici infirmate prin ştiinţă sau reflecţie. Mă voi întoarce la intuiţie, pe care o voi analiza mai în profunzime atunci când voi discuta despre dezvoltarea gândirii filozofice. Totuşi, dintr-o perspectivă ştiinţifică şi raţională, majoritatea miturilor originilor se pot încadra în categoria superstiţiei, pe care eu o definesc astfel:

> **superstiţie** Credinţă care se află în contradicţie cu dovezile sau care nu are o bază raţională şi care apare de obicei dintr-o lipsă de înţelegere a fenomenelor naturale sau din teama de necunoscut.

Pg.38

MOTIVE PENTRU PERSISTENŢA MITURILOR

O explicaţie pentru persistenţa miturilor creaţiei, chiar şi în culturile cele mai avansate din punct de vedere tehnologic, este aceea că ştiinţa examinează numai lumea fizică, dar există o realitate transcendentă care depăşeşte lumea fizică. Toate miturile creaţiei exprimă această realitate transcendentă în termeni - adesea antropomorfici - care reflectă specificul fiecărei culturi în parte.

Deşi această explicaţie ar putea fi adevărată în anumite cazuri, există prea multe mituri care se contrazic ca s-o putem considera o propoziţie general valabilă. O explicaţie mai simplă este aceea că persistenţa miturilor contradictorii nu demonstrează adevărul lor, ci mai degrabă cât de puternic au fost înrădăcinate de cele două sute de generaţii de societăţi umane care au trăit vreme de cinci mii de ani.

INFLUENŢA ASUPRA GÂNDIRII ŞTIINŢIFICE

Nu doar că aceste mituri au rezistat primei revoluţii ştiinţifice, dar mulţi dintre arhitecţii revoluţiei au considerat că ele au rolul de a descifra legile după care zeul iudeo-creştin guvernează universul pe care l-a creat. Isaac Newton, cel care a desăvârşit această revoluţie, credea că universul „poate proveni doar din înţelepciunea şi stăpânirea unei fiinţe inteligente şi puternice“[20].

De asemenea, au rezistat şi celei de-a doua revoluţii ştiinţifice, care a început la jumătatea secolului al XlX-lea, odată cu teoriile lui Darwin despre evoluţia biologică, şi care s-a încheiat în prima treime a secolului XX, odată cu transformarea fizicii prin teoria relativităţii şi teoria cuantică. Darwin însuşi şi-a abandonat credinţa creştină şi şi-a sfârşit viaţa ca agnostic[21], dar Albert Einstein, creatorul teoriilor

relativităţii restrânse şi relativităţii generale, împărtăşea credinţa lui Newton în existenţa unei inteligenţe supreme care a creat universul, deşi refuza ideea că un asemenea Dumnezeu ar interveni în viaţa oamenilor.[22]

Mulţi pionieri ai teoriei cuantice au adoptat convingerea că materia nu există independent, ci doar ca o construcţie a minţii. Unii dintre ei, precum Erwin Schrodinger, au fost fascinaţi toată viaţa de viziunea din *Upanisade* conform căreia totul, inclusiv universul, a emanat din conştiinţa lui Brahman, realitatea ultimă care există dincolo de spaţiu şi de timp[23]; cât de mult i-a influenţat această perspectivă opera rămâne o întrebare deschisă. Cu siguranţă, gândirea ştiinţifică a unui fizician ca David Bohm a fost influenţată de o asemenea credinţă.[24]

Pg.39

Astăzi, foarte puţini oameni de ştiinţă îşi mai afişează credinţa religioasă. Printre ei se numără John D. Barrow, cosmolog şi membru al Bisericii Creştine Reformate Emanuel, Francis Collins, fostul director al Human Genome Project şi creştin evanghelic, care consideră „ADN-ul, molecula cu informaţie a oricărui lucru viu, drept limbajul lui Dumnezeu, iar eleganţa şi complexitatea propriului nostru corp şi a naturii drept o reflexie a planului lui Dumnezeu"[25], precum şi Ahmed Zewail, un musulman care a primit în 1999 Premiul Nobel pentru Chimie. În general, aceşti savanţi susţin că ştiinţa şi credinţele religioase operează în domenii diferite, deşi unii, precum John Polkinghorne, fizician teoretician şi preot anglican, promovează activ dezbaterile despre întrepătrunderile dintre ştiinţă şi teologie.

Dacă lăsăm deoparte miturile, ne putem aştepta ca ştiinţa să ne ofere o imagine mai clară a originilor universului şi, prin urmare, a originilor materiei şi energiei din care am evoluat. Dar este oare aşa?

Pg.40

CAPITOLUL 3
Apariţia materiei: teoria ştiinţifică ortodoxă

> Această idee a Big Bangului mi se părea complet nesatisfăcătoare.
> Fred Hoyle, 1950
>
> [Big Bangul] este o mărturie a acelui Fiat Lux primordial.
> Papa Pius XII, 1951

Suntem materie. S-ar putea să fim mai mult decât materie. Am putea fi manifestări ale unei conştiinţe cosmice, după cum susţin

anumite perspective mistice, sau simulări tridimensionale generate de un computer super-inteligent, cum sugerează o conjectură filozofică. Cercetarea mea încearcă să stabilească ce anume ştim în momentul de faţă sau ce anume putem presupune în mod rezonabil, prin experiment sau observaţie, cu privire la lumea pe care o percepem: cu alte cuvinte, ce ne spune ştiinţa cu privire la ce suntem şi la cum am apărut.

Punctul de plecare este, aşadar, ceea ce ştiinţa ne spune despre originea materiei, iar teoria ştiinţifică ortodoxă actuală ne spune că materia şi energia au apărut acum aproximativ 13,8 miliarde de ani prin Big Bang.

Spun că este „actuală“ pentru că presa şi publicaţiile de popularizare a ştiinţei prezintă adesea teoriile ştiinţifice sau chiar conjecturile drept fapte indiscutabile. Teoriile ştiinţifice se schimbă. Pentru a ilustra acest lucru, voi prezenta teoria privind originea universului din prima parte a secolului XX, voi arăta cum şi de ce s-a schimbat pentru a produce modelul Big Bangului, voi examina problemele acestui model şi soluţiile actuale ale cosmologilor la aceste probleme.

PRIMA JUMĂTATE A SECOLULUI XX

Dacă aş fi scris această carte în 1928, aş fi spus că, în conformitate cu teoria ştiinţifică ortodoxă actuală, universul este etern şi neschimbător.

Pg.41

Această teorie era susţinută cu atâta fermitate, încât Einstein a făcut ceea ce avea să numească mai târziu cea mai mare eroare a vieţii lui. În 1915, şi-a finalizat teoria relativităţii generale, care includea gravitaţia în descrierea tuturor forţelor şi formelor de materie. Atunci când a aplicat-o universului ca întreg, a descoperit că prezicea un univers supus schimbării - gravitaţia avea efectul de a atrage laolaltă toată materia din Univers -, aşa că, doi ani mai târziu, a introdus o constantă arbitrară, Lambda (Λ), în ecuaţiile sale de câmp. Aplicând un reglaj fin valorii lui Lambda, a reuşit să facă termenul suplimentar din ecuaţiile sale să compenseze exact forţa de atracţie a gravitaţiei şi, astfel, a obţinut un univers static.

Vreme de aproximativ cincisprezece ani, majoritatea fizicienilor teoreticieni au acceptat această teorie pentru că era susţinută de dovezi: stelele se mişcau, într-adevăr, foarte puţin. Această concepţie a unui univers static a rămas valabilă şi după anul 1924, când astronomul Edwin Hubble a demonstrat că unele dintre globurile de lumină vizibile erau, de fapt, galaxii foarte îndepărtate, şi nu nori de gaz în singura galaxie cunoscută pe-atunci, Calea Lactee.

Totuşi, între anii 1929 şi 1931, Hubble a arătat că lumina emisă de aceste galaxii îndepărtate era deplasată spre roşu şi că rata de deplasare creştea odată cu distanţa până la ele. Lumina albă este, de fapt, un amestec al tuturor culorilor, vizibil atunci când o prismă o sparge într-un spectru de lungimi de undă, cele mai scurte părând albastre, iar cele mai lungi, roşii. Atunci când o sursă de lumină se îndepărtează de un observator, lungimea sa de undă pare să crească şi e deplasată spre capătul roşu al spectrului. În urma observaţiilor lui Hubble, s-a presupus că galaxiile se îndepărtează de noi, cu o viteză cu atât mai mare cu cât se află la o distanţă mai mare.

Doar atunci fizicienii teoreticieni au început să ia în serios ideile celor care obţinuseră nişte soluţii la ecuaţiile de câmp ale relativităţii generale propuse de Einstein ce sugerau că universul se află în expansiune. Unul dintre ei fusese belgianul Georges Lemaître, iezuit şi om de ştiinţă, care încorporase rezultatele lui Hubble în propriile sale cercetări din 1927 şi care, analizând în sens invers expansiunea universului, ajunsese la ipoteza atomului primordial. Aceasta spunea că, la momentul zero, absolut tot ce se găseşte în univers - toată lumina şi toate galaxiile, stelele şi planetele - era comprimat într-un singur atom extrem de dens care a explodat pentru a forma universul în expansiune.

Folosind un ton depreciativ, astronomul american Fred Hoyle a numit această explozie Big Bang, după ce, în 1948, împreună cu Thomas Gold şi Herman Bondi, dezvoltase propria teorie, care postula un univers staţionar. Conform acestei teorii, universul se extinde, dar nu plecând de la un anumit punct iniţial: materia este continuu creată în spaţiul aflat în expansiune pentru a produce o densitate uniformă într-un univers infinit de mare.

Vreme de aproape un deceniu după cel de-al Doilea Război Mondial, mai mulţi fizicieni teoreticieni şi-au îndreptat atenţia asupra enigmelor cosmogenezei, adică asupra felului în care a luat naştere universul. Enrico Fermi, Edward Teller, Maria Mayer, Rudolf Peierls, George Gamow, Ralph Alpher sau Robert Herman se numără printre cei care au cercetat ipoteza Big Bangului.

Gamow, Alpher şi Herman au încercat să-şi dea seama cum anume diferitele tipuri de atomi pe care îi vedem astăzi în univers ar fi putut lua naştere din ipoteticul atom infinitezimal de o densitate extraordinară, alcătuit dintr-o plasmă fierbinte de protoni, neutroni, electroni şi fotoni[6]. Ei au arătat cum anume nucleele de heliu şi izotopii hidrogenului au putut fi produse în primele trei minute de după Big Bang prin combinarea protonilor şi neutronilor, pe măsură ce această plasmă s-a extins şi s-a răcit până la o temperatură de sub un miliard de grade Kelvin[7]. Valoarea obţinută de Herman şi Alpher

pentru proporţia dintre heliul şi hidrogenul produse astfel era aproximativ aceeaşi cu cea observată în univers, un argument puternic pentru ipoteza Big Bangului, dar nici ei, nici ceilalţi nu puteau explica de unde proveneau elementele mai grele, având în vedere instabilitatea nucleelor lor formate din combinaţii de cinci sau opt protoni şi neutroni. Acest fapt a aruncat o umbră de îndoială asupra Big Bangului, iar Fermi şi colegii săi au renunţat la acest model al cosmogenezei.[1]

Conform teoriei ortodoxe, Gamow şi Alpher au calculat că, după ce s-a extins timp de aproximativ 300.000 de ani de la explozie, plasma s-a răcit până la temperatura de 4000K[8], când electronii încărcaţi negativ au fost captaţi de nucleele atomice încărcate pozitiv pentru a forma molecule biatomice de hidrogen, neutre electric şi stabile, izotopii lor, precum şi atomi de heliu. Fotonii - particule neutre care formează radiaţia electromagnetică - nu mai erau legaţi de masa plasmatică, ci s-au desprins şi au călătorit liber prin spaţiul în expansiune. Între timp, s-au răcit, iar lungimea lor de undă a crescut. Până la momentul în care universul a căpătat dimensiunile actuale, lungimea lor de undă a ajuns în spectrul microundelor şi au umplut tot spaţiul, formând radiaţia cosmică de fond. În 1948, s-a estimat că temperatura acestei radiaţii cosmice de fond ar fi de circa 5K. În 1952, Gamow a estimat că această temperatură ar fi de 50K.[2]

Între timp, Fred Hoyle şi colegii lui arătaseră că elementele mai grele puteau fi obţinute prin fuziune nucleară în interiorul stelelor.

Aşadar, în urma acestor cercetări desfăşurate după cel de-al Doilea Război Mondial au rămas două ipoteze rivale cu privire la originile universului: teoria universului staţionar şi teoria Big Bangului, prima susţinând că universul e etern şi că nu are un început, cealaltă spunând că universul a crescut dintr-un punct ca urmare a unei explozii de lumină şi de plasmă.

Pg.43

Fără să mai aştepte dovezile suplimentare de care comunitatea ştiinţifică avea nevoie pentru a alege una din cele două ipoteze, Biserica Catolică a dat propriul verdict. În 1951, papa Pius XII a declarat în faţa Academiei Pontificale de Ştiinţe ca Big Bangul stă mărturie pentru veridicitatea celor relatate în Geneză, unde Dumnezeu poruncise „să fie Lumină“. Graba cu care Biserica Catolică a reacţionat la teoria Big Bangului contrastează cu cele două sute de ani care i-au fost necesari pentru a accepta dovezile aduse de Galilei în favoarea teoriei copernicane, conform căreia Pământul nu este centrul universului, ci atât Pământul, cât şi celelalte planete orbitează în jurul Soarelui.

Spre deosebire de Biserica Catolică, în rândul comunităţii ştiinţifice existau susţinători ai ambelor modele, Big Bangul şi universul

staţionar, până în 1965, când, conform versiunii ortodoxe a istoriei, o descoperire întâmplătoare a produs dovada decisivă.

Astronomii Arno Penzias şi Robert Woodrow Wilson nu reuşiseră nicicum să elimine „zgomotul“ de fond care părea să umple cerul din toate direcţiile în vreme ce-l supravegheau cu radiotelescopul lor de la Laboratoarele Bell din New Jersey. Atunci i-au cerut sfatul lui Robert Dicke, de la Princeton, care, fără ca ei să ştie, încerca să găsească radiaţia cosmică de fond prezisă de Gamow. Dicke şi-a dat seama că „zgomotul“ uniform din regiunea microundelor era chiar acea radiaţie care se răcise până la temperatura de 2,7K.[3]

Se pomeneşte rar, aproape niciodată, faptul că Geoffrey Burbidge, profesor de astrofizică la Universitatea din California, San Diego, a afirmat că această teorie ortodoxă este distorsionată. El a arătat că numai modul în care Alpher şi Herman şi-au ales parametrii ecuaţiilor a dus la concluzia producerii hidrogenului şi a celorlalte elemente uşoare, iar proporţia acestora nu avea aproape nici o legătură cu cea observată. Mai mult, a susţinut că astronomul Andrew McKellar descoperise radiaţia cosmică de fond, estimând că are o temperatură între 1,8K şi 3,4K, şi îşi publicase rezultatele în 1941; a pretins, de asemenea, că cel puţin Gamow ştia de aceste rezultate şi, prin urmare, nu a prezis existenţa radiaţiei cosmice de fond pe care observaţiile ulterioare aveau s-o confirme.[4]

Totuşi, povestea unanim acceptată a prevalat, iar Penzias şi Wilson au primit premiul Nobel pentru descoperirea lor. Vasta majoritate a comunităţii ştiinţifice a adoptat modelul Big Bangului pentru explicarea originilor universului, iar cei care nu au făcut-o au trăit vremuri grele. Cum notează John Maddox, încăpăţânarea lui Hoyle de a susţine în continuare teoria universului staţionar „a dus la ostracizarea sa de către colegii din mediul academic şi, fapt fără precedent, la demisia din postul de profesor la Cambridge“[5].

Pg.44

Acest ultim fapt a avut probabil drept cauză şi criticile severe aduse de Hoyle dovezilor cu care fizicianul Martin Ryle, colegul său de la Cambridge, atacase teoria universului staţionar, intrând în conflict cu el. În vreme ce Hoyle nu a mai deţinut vreodată un alt post academic, Ryle avea să ajungă astronom regal şi laureat al Premiului Nobel. În mod inexplicabil, Premiul Nobel a fost acordat în 1983 pentru cercetările privind nucleosinteza stelară numai lui William Fowler, în vreme ce Fred Hoyle a fost ignorat, alături de Geoffrey şi Margaret Burbidge, ceilalţi trei autori care au semnat în 1957 studiul fundamental care explică în detaliu cum anume se formează în interiorul stelelor celelalte elemente chimice naturale în afară de hidrogen şi heliu. Fowler a recunoscut că Hoyle a fost primul care a introdus conceptul de nucleosinteză stelară şi venise la Cambridge ca

bursier Fullbright pentru a lucra cu el.[6]

Felul în care s-a ajuns la teoria considerată astăzi ortodoxă arată cum funcţionează metoda ştiinţifică: o teorie susţinută cu tărie - teoria universului etern - a fost abandonată atunci când datele noi au confirmat predicţiile făcute printr-o ipoteză diferită - Big Bangul -, care, de atunci, a devenit abordarea considerată corectă. Exemplifică, de asemenea, prin felul în care a fost tratat Hoyle, cum se poate raporta comunitatea ştiinţifică la cei care nu îmbrăţişează versiunile ortodoxe. De pe la mijlocul anilor ’60 ai secolului trecut, modelul Big Bangului este susţinut cu o convingere cel puţin la fel de mare precum cea cu care era susţinut modelul universului staţionar în 1928. Dar oare dovezile confirmă în continuare acest model? Şi dacă nu, cum a răspuns comunitatea ştiinţifică?

TEORIA CURENTĂ: BIG BANGUL

Pentru a vedea dacă teoria Big Bangului oferă o explicaţie satisfăcătoare a originilor Universului, trebuie să-i examinăm întâi baza teoretică.

Baza teoretică

Spre deosebire de modul în care operează de obicei metoda ştiinţifică[9] teoria Big Bangului nu a rezultat din observaţie, ci din soluţii la ecuaţiile teoriei relativităţii generale a lui Einstein, mai exact dintr-una care a fost selectată pentru că se potrivea cel mai bine cu observaţiile.

Pg.45

Einstein a formulat legi ale mişcării care nu depind de faptul că observatorul se mişcă într-un anumit fel în raport cu obiectul observat. El a presupus că viteza luminii (c) este constantă, adică are aceeaşi valoare pentru orice observator, în orice timp şi în orice regiune a universului, şi că nimic nu se poate deplasa mai repede. Teoria relativităţii restrânse din 1905 renunţă la ideea că spaţiul şi timpul sunt independente şi absolute: este propusă în schimb o matrice spaţio-temporală cvadridimensională în care spaţiul sau timpul se pot dilata sau se pot contracta în funcţie de mişcarea observatorului, deşi continuumul spaţiu-timp este acelaşi pentru toţi.

O consecinţă a teoriei relativităţii restrânse este aceea că masa (m) şi energia (E) sunt echivalente, lucru exprimat în celebra formulă $E = mc^2$.

Atunci când Einstein a introdus gravitaţia în aceste legi ale mişcării pentru a formula teoria relativităţii generale, el a înţeles că gravitaţia nu e o forţă care acţionează instantaneu între două mase, cum o definise legea lui Newton, ci mai degrabă o distorsiune în structura

spaţiului-timp produsă de masa obiectelor, cu atât mai mare cu cât masa este mai mare. Asemenea distorsiuni dictează apoi mişcarea altor mase în spaţiu-timp. Pentru a-l parafraza pe John Archibald Wheeler, materia îi spune spaţiului-timp cum să se curbeze, iar spaţiul-timp îi spune materiei cum să se mişte.

Pentru a formula o ecuaţie care să cuantifice acest concept şi pe baza căreia să se poată face predicţii, Einstein a folosit o ramură dificilă a matematicii numită geometrie diferenţială, care se ocupă cu suprafeţele curbate. A ajuns la ceea ce azi numim ecuaţiile lui Einstein. Se foloseşte pluralul pentru că ecuaţia respectivă are tensori[10], fiecare cu zece posibilităţi, creând, în consecinţă, zece ecuaţii. Numeroasele soluţii posibile ale acestor ecuaţii produc, în principiu, numeroase universuri teoretice, iar provocarea a fost găsirea soluţiei care se potriveşte cel mai bine cu datele observaţionale.

Rezolvarea acestor ecuaţii este extrem de dificilă. Patru oameni au încercat. În afară de Einstein şi Lemaître, ceilalţi doi au fost astronomul olandez Willem de Sitter şi meteorologul rus Alexander Friedmann.

Supoziţii simplificatoare: izotropia şi omnicentrismul

Cu toţii au făcut două supoziţii simplificatoare: la orice moment dat, universul arată la fel în orice direcţie am privi (este izotrop), iar acest lucru rămâne adevărat de oriunde l-am privi (este omnicentric). Aceste două supoziţii presupun în mod necesar că universul este la fel în orice punct (este omogen)[11].

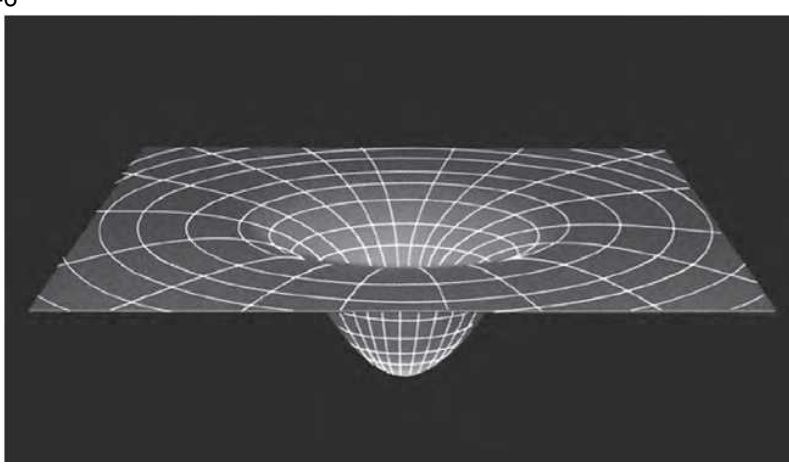


Figura 3.1 Reprezentare bidimensională a curburii spaţiului-timp în jurul unei mase sferice de dimensiunea unei stele.

Supoziţia izotropiei nu este, evident, complet validă: stelele din

galaxia noastră formează o bandă distinctă de lumină pe cerul nopţii, pe care o numim Calea Lactee. Totuşi, presupunerile au fost făcute din trei motive: a) intuiţia că aceasta era o bună aproximare la scara universului; b) credinţa că nu ocupăm un loc special, privilegiat, în Univers, aşa cum Copernic demonstrase că nu ocupăm vreun loc privilegiat în sistemul solar; c) erau convenabile din punct de vedere matematic - astfel se reduce drastic numărul de geometrii posibile, sau de variante ale continuumului spaţiu-timp, care descriu forma universului, pentru că, dacă materia curbează spaţiul-timp, iar universul e omogen, atunci curbura universului e aceeaşi peste tot.

Pg.47

Friedmann a arătat că una dintre consecinţele acestor supoziţii este aceea că universul poate avea numai trei geometrii: închisă (sferică), deschisă (hiperbolică) sau plată, fiecare modificându-se cu timpul în funcţie de factorul de expansiune a universului. Întreg acest ansamblu - o geometrie tridimensională plus un factor de expansiune dependent de timp - caracterizează spaţiul-timp care este curbat de materie conform ecuaţiilor lui Einstein.

Aceste matrice matematice cvadridimensionale aflate în continuă schimbare sunt greu de vizualizat. Figura 3.2 oferă numai reprezentări bidimensionale ale celor trei dimensiuni ale spaţiului care se schimbă în timp.

Friedmann a arătat că universurile care prezintă aceste trei geometrii posibile au şi destine diferite. Universul închis (sau sferic) se extinde plecând de la un Big Bang, dar efectul gravitaţional al materiei sale este suficient de puternic pentru a încetini, a opri şi apoi a inversa expansiunea până când universul în contracţie va ajunge la un Big Crunch (Mare Implozie). Universul deschis (sau hiperbolic) se extinde dintr-un Big Bang, dar efectul gravitaţional al materiei sale este prea slab pentru a opri mişcarea de exapansiune, aşa că aceasta va continua cu o rată stabilă până când nu va mai exista nici o legătură între elemente, ceea ce va duce la un univers pustiu. Universul plat se extinde la rându-i dintr-un Big Bang, însă efectul gravitaţional care strânge la un loc materia sa balansează foarte exact energia cinetică a expansiunii, ceea ce duce la o descreştere a ratei de expansiune, dar nu şi la oprirea ei, astfel că Universul se extinde la nesfârşit cu o rată continuu descrescătoare.

Ca o consecinţă a acestor supoziţii simplificatoare, atât universul plat, cât şi cel deschis sunt în mod necesar infinite în întindere: dacă vreunul ar ajunge la un moment dat la o limită, ar contrazice supoziţia că arată la fel în fiecare punct. Acest lucru nu este valabil pentru un univers sferic: o sferă perfectă arată la fel privită din orice punct de pe suprafaţa ei.

Spre deosebire de Einstein, Friedmann nu a adăugat o constantă

arbitrară Lambda pentru a obţine rezultatul pe care-l voia. În modelul său matematic, raportul dintre atracţia gravitaţională exercitată de materie, care forţează universul să se contracte, şi energia sa cinetică de expansiune poate fi exprimat sub forma unui parametru de densitate, Omega (Ω). Într-un univers închis, Omega este mai mare decât 1; într-un univers deschis, Omega este mai mic decât 1; iar într-un univers plat, Omega este exact 1.

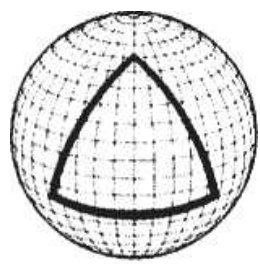
După ce Hubble şi-a publicat datele, majoritatea oamenilor de ştiinţă au ajuns la concluzia că un univers plat care avusese ca punct de pornire un Big Bang la temperaturi foarte ridicate se potrivea cel mai bine observaţiilor, astfel că modelul matematic Friedmann-Lemaître a devenit versiunea ortodoxă.[7]

PROBLEME ALE TEORIEI BIG BANGULUI

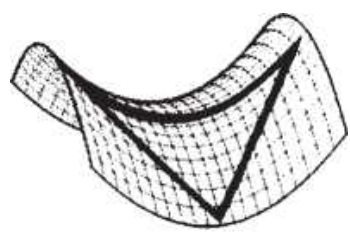
Universul ca subiect al cercetării ştiinţifice nu mai era domeniul exclusiv al astronomiei observaţionale şi teoretice. Apăruse o nouă ştiinţă a cosmologiei, pe care o definesc astfel:

cosmologie Studiul originii, naturii şi structurii la scară largă a universului, care include distribuţia şi relaţiile dintre galaxii, roiuri de galaxii şi obiecte cvasi-stelare.

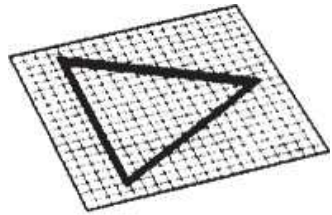
Teoria relativităţii jucase un rol crucial în cercetarea universului ca întreg, spre deosebire de astronomie, care obişnuia să cerceteze numai stelele sau galaxiile.



Geometrie închisă



Geometrie deschisă



Geometrie plată

Figura 3.2 Reprezentare bidimensională a geometriei universurilor Friedmann (fără o constantă cosmologică arbitrară). O geometrie închisă este analogul tridimensional al suprafeţei unei sfere: un triunghi are, în această geometrie, o sumă a unghiurilor mai are de 180˚, iar circumferinţa unui cerc este mai mică decât π înmulţit cu diametrul cercului. O geometrie deschisă este analogă cu o suprafaţă hiperbolică, în formă de şa: în acest caz, un triunghi are mai puţin de 180˚, iar circumferinţa unui cerc este mai mare decât π înmulţit cu diametrul. O geometrie plată este geometria euclidiană pe care o cunoaştem: fiecare triungi are o sumă a unghiurilor de exact 180˚, iar circumferinţa unui cerc este exact π înmulţit cu diametrul. Fiecare dintre aceste geometrii în spaţiu se modifică în timp în conformitate cu factorul de expansiune a universului. Dacă introducem totuşi o constantă cosmologică diferită de zero, oricare dintre geometrii poate cunoaşte oricare dintre evoluţiile temporale.

Fizica teoretică şi experimentală a particulelor, fizica plasmei şi fizica cuantică erau acum folosite pentru a înţelege ce s-a întâmplat la Big Bang şi imediat după, atunci când universul era incredibil de mic şi de fierbinte. Atunci când oamenii de ştiinţă au aplicat aceste trei ramuri ale fizicii la modelul Big Bangului au descoperit câteva probleme.

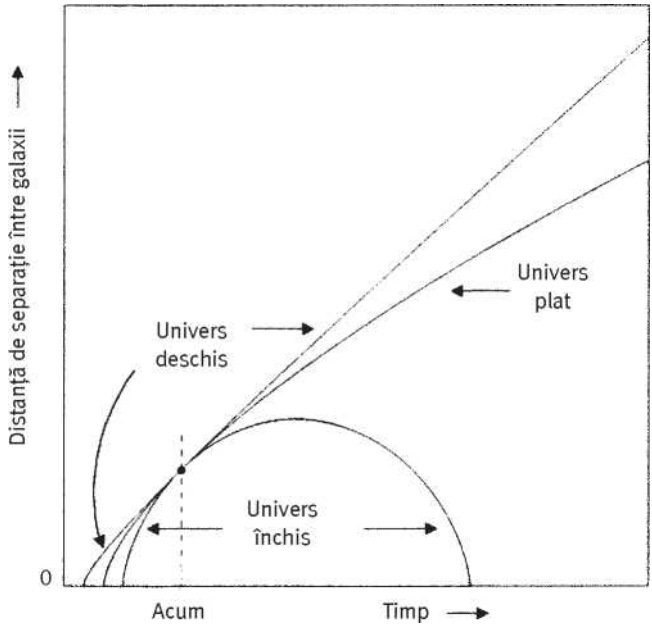


Figura 33 Evoluţia universurilor Friedmann. În absenţa unei constante cosmologice, o densitate a materiei suficient de mare pentru a inversa expansiunea universului duce la un univers închis; o densitate scăzută nu este suficientă pentru a inversa exapansiunea, care continuă la o rată constantă, ducând la un univers deschis; o densitate critică, în vecinătatea celorlalte două, duce la o geometrie plată: se va extinde veşnic, dar la o rată mereu descrescătoare.

Monopolul magnetic

Fizicienii din domeniul particulelor şi plasmei au speculat că, dat fiind nivelul ridicat al temperaturii şi energiei plasmei imediat după Big Bang, ar fi trebuit să apară monopoli magnetici, care sunt particule cu un singur pol încărcat magnetic, în locul celor doi uzuali12. Într-adevăr, folosind teoria relativităţii, oamenii de ştiinţă au estimat că densitatea de energie produsă la Big Bang ar fi trebuit să fie de o sută de ori mai mare decât densitatea observată a universului.[8]

Până acum nu a fost detectat în univers nici măcar un singur monopol magnetic.

Omogenitatea

Cele două supoziţii ale modelului ortodox duc la un univers care este omogen, sau complet uniform, în vreme ce toate celelalte soluţii la ecuaţiile lui Einstein, dacă facem abstracţie de aceste supoziţii, duc la universuri neregulate.

Prin contrast cu acest model, atunci când privim universul cu atenţie constatăm că nu este complet uniform. Are sisteme solare, galaxii, roiuri şi superroiuri de galaxii, toate despărţite de regiuni de vid care conţin materie foarte puţină sau nu conţin materie. Pământul are o densitate a materiei de 10^{30} ori mai mare decât cea medie a universului, aerul pe care-l respirăm are o densitate de 10^{26} ori mai mare, densitatea medie a galaxiei noastre, Calea Lactee, este de10^{6} ori mai mare, grupul nostru local de galaxii are o densitate de circa 200 de ori mai mare, iar regiunile de vid dintre complexele de superroiuri au în general o lungime de aproximativ 150 de milioane de ani-lumină.[9]

Dacă universul ar fi perfect omogen, nu am fi aici să-l observăm.

Cu toate acestea, cosmologii au estimat că la scara universului ca întreg deviaţia de la condiţia de omogenitate perfectă este de numai 1 la 100.000.

Modelul Big Bangului nu reuşeşte să explice de ce universul se află foarte aproape, dar nu reuşeşte să ajungă la condiţia de omogenitate deplină, astfel încât permite formarea unor structuri precum sistemul nostru solar, care să conţină planete ca Pământul pe care am evoluat.

Izotropia radiaţiei cosmice de fond (problema orizontului)

Modelul Big Bangului spune că radiaţia cosmică de fond (RCF) este radiaţia care s-a decuplat de plasmă la aproximativ 380.000 de ani (conform celor mai recente estimări) de la Big Bang şi care pe măsură ce universul s-a extins a pierdut treptat energie şi s-a răcit până când a ajuns la temperatura actuală de 2,73K.

Detectorii de pe sateliţii Cosmic Background Explorer (COBE) şi Wilkin- son Microwave Anisotropy Probe (WMAP) au arătat că această temperatură este foarte aproape de a fi izotropă, adică de a fi aceeaşi în toate direcţiile. Pentru a obţine o astfel de uniformitate aproape perfectă a temperaturii, particulele de radiaţie (fotonii) trebuie să se fi amestecat prin ciocniri repetate imediat ce s-au decuplat de plasmă.

Teoria relativităţii spune că nimic nu se poate deplasa mai repede decât viteza luminii. De aceea, pentru ca aceşti fotoni să se fi amestecat, ei nu trebuie să fi fost despărţiţi unii de alţii printr-o distanţă mai mare decât cea pe care ar fi putut-o parcurge cu viteza luminii. Această distanţă este denumită *orizont de contact al fotonului.*

Totuşi, modelul Big Bangului sugerează că rata de expansiune a universului a scăzut. Prin urmare, orizontul de contact al fotonilor era mult mai mic în primele momente ale universului decât este acum. Prin urmare, ar fi fost imposibil ca fiecare foton să se afle în contact cu ceilalţi imediat după decuplarea de plasmă. De aceea, putem

presupune că energiile fotonilor trebuie să fi fost atunci diferite, iar acest lucru ar trebui să se reflecte acum prin diferenţe de temperatură în interiorul radiaţiei cosmice de fond atunci când este măsurată în direcţii diferite.

Teoria Big Bangului nu poate explica acest conflict dintre teorie şi datele provenite din observaţie.

Caracterul plat (Omega)

Un univers plat este, inevitabil, instabil. El se bazează pe echilibrul precar dintre energia cinetică a expansiunii şi energia gravitaţională a materiei, care se manifestă prin atracţie, pentru a produce un parametru Omega = 1. Dar matematica Big Bangului a arătat că parametrul Omega este extrem de sensibil, mai ales în universul timpuriu. Orice mică deviaţie de la valoarea 1 în oricare din cele două direcţii se măreşte rapid, aducând universul fie într-o configuraţie închisă, fie într-o configuraţie deschisă. Dicke a calculat că, la numai o secundă după Big Bang, valoarea lui Omega trebuie să fi fost undeva între 0.99999999999999999 şi 1.00000000000000001, ceea ce înseamnă o sensibilitate de $\pm 10^{-17}$. Dacă Omega ar fi deviat de la valoarea 1 cu mai mult decât atât, atunci Universul fie ar fi colapsat într-un Big Crunch, fie s-ar fi extins în vid cu mult înainte ca galaxiile şi sistemele solare să aibă timp să se formeze, aşa încât noi n-am mai fi fost aici să discutăm despre Big Bang.

Cei mai mulţi cosmologi susţin, mai degrabă din raţiuni teoretice decât pe baza observaţiilor, că expansiunea universului a început după aproximativ 10^{-43} secunde[13], fără vreun alt motiv în afară de faptul că modelul cuantic[14] nu funcţionează decât începând cu acest moment. Dacă lucrurile stau aşa, parametrul Omega nu ar fi trebuit să difere de unitate cu mai mult de 10^{-64}, o sensibilitate care este inimaginabilă.[10]

Dar Omega n-ar fi putut fi exact 1 de la bun început, altfel universul nu s-ar fi extins.

Modelul Big Bangului nu poate explica de ce Omega ar trebui să aibă o valoare atât de apropiată de 1, dar nu egală cu 1, astfel încât să permită universului să se extindă în mod stabil.

Mai există şi o a cincea problemă, încă şi mai importantă, pe care cei mai mulţi cosmologi n-au discutat-o. Mă voi referi la acest fapt trecut cu vederea în capitolul următor, când voi analiza ce anume nu reuşeşte să explice modelul revizuit.

SOLUŢIA OFERITĂ DE TEORIA INFLAŢIEI

Există o idee care pretinde că rezolvă toate aceste probleme deodată. Cine anume a avut primul această idee a fost şi încă este un

subiect controversat. Alan Guth, de la Massachusetts Institute of Technology spune: „văd drept început oficial pentru teoria inflaţiei seminarul pe care l-am ţinut la SLAC pe 23 ianuarie 1980“". Rusul Andrei Linde, în prezent profesor la Universitatea Stanford, California, susţine că ideile fundamentale ale teoriei inflaţiei fuseseră formulate mai înainte de Alexei Starobinski, David Kirjniţ şi de el însuşi în Uniunea Sovietică.[12]

Conform versiunii publicate de Guth în 1981, la foarte scurt timp după Big Bang, universul a trecut printr-o expansiune enormă, aproape instantanee, crescând de mii de miliarde de ori într-o perioadă mai mică decât o bilionime de bilionime de bilionime dintr-o secundă. Pentru ca acest lucru să se întâmple, universul trebuie să fi fost într-o stare instabilă suprarăcită; când a depăşit această stare, inflaţia s-a oprit, iar universul acum vast a început expansiunea decelerată prezisă de modelul Big Bang de bază.[13]

După inflaţie, universul era atât de mare, încât ceea ce vedem acum este numai o foarte mică parte din el. Acesta este motivul pentru care, exact ca o mică zonă de pe suprafaţa unui balon enorm, partea noastră de univers pare plată. Cu alte cuvinte, orice dezechilibre între energia explozivă a expansiunii şi energia gravitaţională de atracţie a materiei din timpul Big Bangului sunt atenuate într-o asemenea măsură de inflaţie, încât se obţine echilibrul, altminteri foarte improbabil, care permite universului post-inflaţie să ajungă la o rată stabilă şi descrescătoare de expansiune. După inflaţie, Omega a devenit efectiv 1, iar universul nu e sortit să treacă printr-o acceleraţie rapidă până la vid sau printr-o contracţie rapidă până la colaps: acesta urmează modelul matematic al universului plat. Astfel se rezolvă problema caracterului plat al universului.

Orice neregularităţi ar fi apărut în urma Big Bangului, au fost atenuate în mod asemănător de această uriaşă expansiune inflaţionară. Astfel se rezolvă problema omogenităţii.

De asemenea, toţi monopolii magnetici există undeva în imensul univers, dar regiunea noastră este atât de mică, încât nu conţine nici unul. Astfel se rezolvă problema monopolilor magnetici.

Universul pe care putem să-l vedem acum, ale cărui frontiere sunt limitate de vârsta sa şi de viteza luminii, este numai regiunea post-inflaţie, care s-a extins la viteză normală, din ceea ce a fost o parte incredibil de mică a universului inflaţionar. În această regiune minusculă, toţi fotonii se aflau în contact unii cu alţii şi au ajuns la o temperatură uniformă. Astfel se rezolvă şi problema izotropiei radiaţiei cosmice de fond.

Cu toate acestea, conjectura inflaţiei propusă de Guth s-a dovedit fatalmente eronată. Mecanismul pe care el îl propunea pentru a sfârşi

cu expansiunea exponenţială instabilă şi a lăsa locul unei expansiuni decelerate conform modelului de bază al universului plat Friedmann-Lemaître producea mari puncte de neomogenitate care nu sunt confirmate de observaţii. Guth a retras această versiune după un an.

Andreas Albrecht, Paul Steinhardt şi, separat de ei, Andrei Linde, au propus versiuni modificate.

Conform lui Linde, nici acestea nu funcţionau. El pretinde că problemele legate de modelul inflaţionar au fost rezolvate numai în 1983, atunci când el însuşi a dezvoltat o versiune mai simplă în care a reuşit să se dispenseze de efectele de suprarăcire, de efectele cuantice ale gravitaţiei şi chiar de supoziţia standard că universul ar fi fost iniţial foarte fierbinte; el s-a bazat în totalitate pe câmpurile scalare. Un câmp scalar este un concept matematic: fiecare punct din spaţiu este asociat cu un scalar, o cantitate precum masa, lungimea sau viteza, care este complet specificată prin mărimea sa[15]. Linde a presupus pur şi simplu că universul avea toate tipurile de câmpuri scalare, fiecare dintre ele având toate valorile posibile. Această supoziţie a asigurat modelului său matematic posibilităţi nelimitate şi a produs teoretic regiuni ale universului care rămân mici şi altele care trec printr-o inflaţie exponenţială. A numit acest fenomen „inflaţie haotică“, din pricina caracterului său arbitrar. A devenit o versiune populară a inflaţiei, dar de atunci au mai fost propuse multe versiuni diferite.[14]

Conjectura inflaţiei nu rezolvă cea de-a cincea problemă, ba chiar o amplifică - dar cosmologii au fost atât de uşuraţi că rezolvă patru dintre problemele identificate până atunci, încât au îmbrăţişat-o fără rezerve. Au numit-o teoria inflaţiei, iar modelul inflaţionar al Big Bangului a devenit perspectivă ştiinţifică ortodoxă.

VALIDITATEA MODELULUI INFLAŢIONAR AL BIG BANGULUI

Dacă această nouă ortodoxie cosmologică furnizează în sfârşit o explicaţie pentru originea universului depinde de măsura în care atât teoria de bază, cât şi versiunea ei inflaţionară îndeplinesc două condiţii: a) sunt teorii credibile şi b) sunt susţinute de observaţie şi experiment.

Credibilitatea teoriei de bază

Pg.54

Teoria de bază a Big Bangului fierbinte este compusă din două părţi. Prima este reprezentată de soluţia la ecuaţiile lui Einstein, care spune că universul este atât omnicentric, cât şi izotrop (prin urmare,

este omogen) şi de alegerea geometriei plate a universului. Cea de-a doua parte este reprezentată de modelul standard al fizicii particulelor.

Supoziţia omnicentrismului nu este verificabilă. Chiar dacă o civilizaţie avansată dintr-o galaxie îndepărtată ne-ar trimite cumva perspectiva ei asupra universului, aceasta ar fi de mult depăşită în momentul în care ar ajunge la noi.

Deşi supoziţiile de izotropie şi omogenitate nu sunt complet valide, pentru că universul conţine sisteme solare, galaxii, grupuri locale de galaxii, roiuri şi superroiuri galactice separate de regiuni enorme de vid, cosmologii consideră că, la scara universului, aceste supoziţii sunt valide.

Totuşi, ori de câte ori astronomii au cercetat regiuni mai mari şi îndepărtate ale universului cu instrumente mai sofisticate au găsit inclusiv structuri la fel de mari ca zonele verificate. În 1989, Geller şi Huchra au identificat o structură aproape bidimensională cu o lungime de circa 650 de milioane de ani-lumină, pe care au numit-o Marele Zid. În 2005, Gott şi colegii săi au identificat Marele Zid Sloan, cu o lungime de două ori şi ceva mai mare, adică 1,3 miliarde de ani-lumină, aflată la circa un miliard de ani-lumină de Pământ. În 2013, Roger Clowes şi colegii săi au identificat un grup de cuasari de o mărime nemaiîntâlnită, care are o lungime de 4 miliarde de ani-lumină şi se află la o distanţă de 8-9 miliarde de ani-lumină de Pământ.[15] În 2014, Istvan Horvath a raportat descoperirea unei formaţiuni care era de peste şase ori mai mare decât Marele Zid Sloan, cu o lungime de 7-10 miliarde de ani-lumină, aflată la o distanţă de aproximativ 10 miliarde de ani-lumină.[16] Mărimea acestor obiecte contrazice supoziţiile de izotropie şi omogenitate.

În ceea ce priveşte alegerea geometriei plate, nu putem testa consecinţa că universul ar fi infinit de întins.

În plus, ideea că universul, inclusiv spaţiul-timp, a apărut din nimic printr-un Big Bang fierbinte provine din extrapolarea acestei expansiuni în sens invers până la momentul zero. Dar teoria cuantică nu mai funcţionează la acest moment, întrucât principiul indeterminării cuantice spune că nimic nu poate fi cunoscut cu certitudine înainte de 10^{-43} secunde, perioadă cunoscută drept timpul Planck.[16] Mai mult, această extrapolare presupune comprimarea întregului univers într-un punct de o densitate infinită, în care curbura spaţiului-timp devine de asemenea infinită, iar teoria relativităţii îşi pierde valabilitatea.[17] După cum spune Guth, „extrapolarea la temperaturi arbitrar de ridicate ne duce mult dincolo de fizica pe care o putem înţelege, aşa că avem motive întemeiate să nu ne încredem în ea. Adevărata istorie a universului până la t = 0 ne rămâne necunoscută."[18]

O teorie bazată pe un mister care face ca teoriile ei subiacente să nu mai funcţioneze, dar şi pe supoziţii simplificatoare, dintre care una nu poate fi verificată, iar celelalte sunt contrazise de observaţiile astronomice, nu prezintă o credibilitate absolută.

Cea de-a doua parte a teoriei Big Bangului este reprezentată de modelul standard al fizicii particulelor, care foloseşte teoria câmpurilor cuantice pentru a explica cum s-au format particulele subatomice din energia degajată la Big Bang printr-un mecanism numit ruperea simetriei.

> **modelul standard al fizicii particulelor** încearcă să explice existenţa şi interacţiunile a tot ceea ce există şi putem vedea în univers, cu excepţia gravitaţiei, în termenii particulelor elementare şi ai mişcărilor lor. În momentul de faţă, sunt clasificate 17 tipuri de particule elementare, grupate în trei categorii: cuarci, leptoni şi bosoni. Când sunt luate în considerare antiparticulele şi modelele de bosoni corespunzătoare, se ajunge la un număr total de 61 de particule elementare.

Conform acestui model, diferitele tipuri de cuarci se combină pentru a forma protonii şi neutronii (ale căror diferite combinaţii formează nucleele tuturor atomilor). Interacţiunile dintre 12 tipuri de particule fundamentale reprezintă mişcările altor 5 particule elementare, bosonii, care sunt purtătorii forţelor, şi gluonii, care asigură forţa responsabilă de legarea cuarcilor[17].

Modelul a prezis cu succes existenţa particulelor care mai apoi au fost descoperite, direct sau prin inferenţă în cazul cuarcilor, cu ajutorul observaţiei sau experimentului. O predicţie-cheie este existenţa unei particule numite bosonul Higgs, esenţială pentru explicarea faptului că toate celelalte 16 tipuri de particule elementare, cu excepţia fotonului şi gluonului, au masă. În 2012, două experimente în care a fost folosit Large Hadron Collider (LHC), construit de Organizaţia Europeană pentru Cercetare Nucleară (CERN) sub pământ, la graniţa franco-elveţiană, au identificat existenţa de foarte scurtă durată a bosonului Higgs, sau poate chiar o familie de bosoni Higgs, caz în care modelul standard ar trebui revizuit.

Chiar daca va fi confirmat un singur boson Higgs, după ce LHC se va redeschide în 2015, când va opera cu energii mult mai mari, rămân totuşi probleme semnificative. Modelul standard conţinea 19 parametri, iar după o revizuire făcută în 1998 s-a ajuns la 29, pentru a permite neutrinilor să aibă masă, lucru care nu fusese prevăzut de model. Aceşti parametri sunt constante liber ajustabile ale căror valori trebuie alese: teoria este coerentă din punct de vedere matematic indiferent ce valori sunt introduse. Aceste constante specifică

proprietăţile materiei, precum sarcina electronului, masa protonului sau constantele de cuplare - numere care determină forţa interacţiunilor dintre particule. Constantele sunt măsurate experimental şi apoi introduse în model „de mână“. După cum recunoaşte Guth, „[conform modelului standard], masa particulei W^+ şi cea a electronului se obţin practic la fel, aşadar faptul că masa electronului este de 160.000 de ori mai mică este încorporat în teorie numai potrivind parametrii astfel încât să se obţină valoarea dorită.“[19] O astfel de teorie este, inerent, mult mai puţin credibilă decât una ale cărei predicţii sunt apoi confirmate prin experiment sau observaţie.

Pg.56

Atunci când sunt luate în considerare antiparticulele şi modelele de bosoni corespunzătoare, se ajunge la 61 de particule[20], un număr cam mare de particule definite ca fundamentale sau ireductibile. În plus, modelul standard actual este în mod necesar incomplet, pentru că nu ia în considerare gravitaţia. Dacă ar fi luată în considerare, ar fi nevoie de definirea mai multor particule elementare, precum gravitonii.

Credibilitatea teoriei Big Bangului depinde şi de măsura în care corespunde realităţii. Cosmologii au adoptat interpretarea lui Friedmann la soluţia lui matematică pentru ecuaţiile lui Einstein. Aceasta spune că stelele (iar mai târziu rezultatele au fost extinse la galaxii şi la roiuri galactice) nu se mişcă. Ele sunt fixate în spaţiu şi numai spaţiul dintre galaxii se extinde. Poate că logica matematică a acestei explicaţii este în regulă, însă mulţi non-cosmologi o consideră o interpretare iezuitică: în lumea reală, dacă distanţa dintre două galaxii creşte în timp, atunci ele se îndepărtează una de alta în acest timp. Cosmologii interpretează deplasarea spre roşu a unei galaxii drept măsura vitezei cu care acea galaxie se îndepărtează de galaxia noastră.

Dovezi aduse în favoarea teoriei de bază

Marea majoritate a cosmologilor susţin că există trei categorii de dovezi care aduc o susţinere serioasă teoriei de bază a Big Bangului:

a) deplasarea spre roşu a galaxiilor, care demonstrează că universul se extinde;

b) existenţa şi forma de corp negru a radiaţiei cosmice de fond;

c) relativa abundenţă a elementelor uşoare.

Deplasarea cosmologică spre roşu

Interpretarea deplasării spre roşu a obiectelor cereşti drept o mişcare prin care se îndepărtează de noi cu atât mai mult cu cât viteza e mai mare a dus la definirea constantei Hubble, adică a raportului dintre viteza de recesiune şi distanţă. Calcularea valorii acestei

constante s-a dovedit extrem de complicată, nu în ultimul rând pentru că măsurarea unor distanţe atât de mari este foarte dificilă.[18] Cu toate acestea, cosmologii ortodocşi au presupus că orice deplasare spre roşu a obiectelor cereşti aflate dincolo de grupul nostru local de galaxii este o dovadă a expansiunii universului şi au adoptat deplasarea spre roşu drept o *măsură* a distanţei.

Pg.57

Mai mulţi astronomi reputaţi au pus sub semnul îndoielii această supoziţie, afirmând că dovezile arată că în multe cazuri deplasarea spre roşu are o altă cauză. Voi examina aceste păreri opuse în capitolul 6, atunci când voi discuta problemele pe care le pune cosmologia privită ca un mod de a explica lumea. Dar dacă această interpretare a datelor[19] este corectă, atunci, în sine, deplasarea spre roşu - şi în special deplasarea foarte rapidă spre roşu fără vreo dovadă că ar proveni din spectrul de emisie sau absorbţie de lumină stelară - nu reprezintă un indicator de încredere nici al distanţei cosmologice, nici al vitezei de recesiune şi, prin urmare, nici al vârstei universului. Astfel este subminată una dintre cele trei categorii de dovezi care susţin modelul cosmologic ortodox al Big Bangului.

Radiaţia cosmică de fond

Temperatura de 2,73K a radiaţiei cosmice de fond (RCF) e compatibilă cu decuplarea radiaţiei de materie în stadiile timpurii ale Big Bangului fierbinte, urmată de răcirea ei pe măsură ce se răspândeşte prin universul în expansiune. În plus, această radiaţie de fond ar avea ceea ce se numeşte spectru de corp negru. Satelitul COBE, lansat în 1989, a detectat un astfel de spectru, aducând dovezi solide în favoarea modelului ortodox.[21]

Vom vedea însă în capitolul 6, când vom discuta interpretarea datelor, că susţinătorii altor modele cosmologice consideră şi ei că existenţa şi caracteristicile RCF sunt compatibile cu ipotezele lor.

Relativa abundenţă a elementelor uşoare

Gamow, Alpher şi Herman au arătat cum anume nucleele de heliu, deute- riu şi litiu ar fi putut apărea prin fuziunea nucleară a protonilor şi neutronilor în plasma extrem de încinsă care a existat în primele minute de după Big Bang[20]. Relativa abundenţă a acestor elemente uşoare care au fost sintetizate înainte ca expansiunea şi răcirea plasmei să oprească procesul de nucleosinteză ar trebui să fi rămas aceeaşi şi în universul de azi. Raportul de aproximativ 75% hidrogen la 25% heliu prezis de Alpher şi Herman este acelaşi cu raportul observat efectiv şi este citat ca o dovadă convingătoare în sprijinul teoriei Big Bangului.

Pg.58

După cum am văzut mai devreme, Burbidge a declarat că Alpher şi Herman au ales pentru ecuaţiile lor o valoare a raportului dintre densitatea de barioni (materia normală, vizibilă) şi densitatea radiaţiei care a fost calculată pentru a produce exact raportul dintre hidrogen şi heliu observat atunci, prin urmare nu avem de-a face cu o predicţie[21]. El a admis, de asemenea, că acest parametru ales produce şi raportul observat dintre hidrogen şi deuteriu, ceea ce chiar reprezintă o dovadă pentru ipoteza Big Bangului.

Totuşi, în 2004, Michael Rowan-Robinson, pe atunci profesor de astrofizică la Colegiul Imperial din Londra şi preşedinte al Societăţii Astronomice Regale, a arătat că estimările mai recente ale lui Tytler şi ale colegilor lui privind abundenţa deuteriului, estimări realizate prin analiza liniilor de absorbţie plecând de la orizontul imediat până la cuasarii cu o puternică deplasare spre roşu, necesită o revizuire a densităţii barionice. Noua valoare este susţinută de analiza fluctuaţiilor radiaţiei cosmice de fond. Dacă lucrurile stau aşa, atunci teoria produce o neconcordanţă între predicţiile ei şi abundenţa observată a heliului.[22]

Toate acestea sugerează că dovezile în favoarea Big Bang-ului ar putea să nu fie atât de ferme pe cât susţin cei mai mulţi cosmologi.

O ipoteză alternativă, formulată de Hoyle şi Burbidge, susţine ca toate elementele ar fi de fapt produse în interiorul stelelor. Pentru a susţine aceasta afirmaţie, ei spun că dacă abundenţa de heliu este obţinută astfel plecând de la hidrogen, energia care rezultă prin termalizare generează o radiaţie de corp negru care are exact temperatura de 2,76 K, adică aproape cea observată. Ei argumentează că celelalte elemente ar putea fi produse prin activitate termală la suprafaţa stelelor, aşa cum se ştie că se întâmplă cu Soarele nostru şi cu alte stele sau prin arderea incompletă a hidrogenului în interiorul stelelor.[23]

Obiecte vechi în galaxii noi?

Astronomi reputaţi susţin că unele galaxii cu o deplasare mare spre roşu, despre care modelul acceptat susţine că sunt foarte noi, conţin obiecte foarte vechi precum gigante roşii plus fier sau alte metale. Întrucât galaxiile nu pot conţine obiecte mai vechi decât ele însele, aceşti astronomi susţin că teoria îndeobşte acceptată a Big Bangului trebuie să fie greşită. Voi analiza aceste afirmaţii mai în detaliu când voi discuta evoluţia materiei în univers, în capitolul 8.

Nişte neconcordanţe mai evidente cu dovezile sunt trei dintre cele cinci probleme menţionate anterior: absenţa monopolilor magnetici, abaterea de la omogenitate cu o parte la 100.000 şi izotropia radiaţiei cosmice de fond. Aceste trei neconcordanţe cu dovezile, plus caracterului plat al universului din modelul Big Bangului i-au făcut pe

majoritatea cosmologilor să îmbrăţişeze soluţia teoriei inflaţiei ca parte a modelului ortodox al universului. Prin urmare, trebuie să examinăm validitatea acestei adăugiri la teoria de bază a Big Bangului.

Pg.59

Credibilitatea teoriei inflaţiei

Linde spune că „dacă universul la începutul inflaţiei avea 10^{-33} centimetri[22], după 10^{-35} secunde de inflaţie acest domeniu capătă o dimensiune de necrezut. Conform anumitor modele inflaţionare, această mărime în centimetri poate ajunge la $(10^{10})^{12}$“, adică $10^{1000000000000}$ centimetri.[24] Unul dintre iniţiatorii teoriei inflaţiei susţine că, într-o sută de mii de milioane de milioane de milioane de milionimi de secundă, un univers cu un diametru presupus de o mie de milioane de milioane de milioane de milioane de milionimi de centimetru s-ar fi putut extinde la mai bine de zece miliarde de ordine de mărime faţă de universul pe care îl observăm astăzi. Am fi nedrepţi dacă am obiecta la adjectivul „de necrezut" folosit de Linde.

Faptul că o conjectură e de necrezut nu înseamnă neapărat că este şi incorectă din punct de vedere ştiinţific. Dar pentru a obţine o asemenea creştere în dimensiune în atât de puţin timp universul trebuie să se fi mărit cu o viteză de foarte multe ori mai mare decât viteza luminii. Inflaţioniştii insistă că acest fenomen nu încalcă legile relativităţii. Apelând la interpretarea lui Friedmann, ei susţin că nu materia din univers s-a deplasat cu viteză superluminică, ci spaţiul dintre componentele materiei, iar teoria relativităţii nu interzice decât materiei şi informaţiei să se deplaseze cu viteze superluminice, nu şi spaţiului.

Cei mai mulţi dintre teoreticienii inflaţiei susţin astăzi opinia că Big Bangul fierbinte a avut loc după inflaţie, ceea ce înseamnă că nu a existat nimic concret - materie sau radiaţie -, ci numai o bulă de vid care a fost supusă procesului inflaţionar, iar la sfârşitul procesului aceasta s-a transformat în energie şi materie. Totuşi, inflaţioniştii susţin şi că spaţiul sau vidul care s-a extins are o anumită energie fundamentală şi, din moment ce energia şi masa sunt echivalente, rezultă că masa-energie a spaţiului sau vidului s-a deplasat cu viteze mult mai mari decât viteza luminii, ceea ce contrazice teoria relativităţii.

Pg.60

Cum şi când anume a început presupusa inflaţie a universului rămâne o întrebare deschisă. Versiunea pe care a propus-o prima oară Guth se baza pe marile teorii unificate [GUT - Grand Unified Theories] din fizica particulelor, astfel că inflaţia ar fi început la 10^{-35} secunde după Big Bang. De atunci, teoreticienii au dezvoltat peste o sută de

teorii inflaţionare bazate pe diferite mecanisme, care încorporează de obicei o anumită formă de câmp scalar denumită generic câmp de inflaţie; câteva dintre aceste tipuri de inflaţie sunt inflaţia haotică, dublă, triplă sau hibridă, de asemenea inflaţia bazată pe gravitaţie, spin, câmpuri vectoriale sau brane din teoria corzilor[23]. Fiecare versiune propune un alt moment de început, o perioadă diferită de inflaţie exponenţială la viteză superluminică şi un moment diferit de încheiere a inflaţiei, ceea ce duce la dimensiuni foarte diferite ale universului. Cu toate acestea, fiecare dintre versiuni sugerează că la sfârşitul perioadei de inflaţie universul are extrem de improbabila densitate critică a masei în care Omega = 1, astfel încât un univers plat devine implicit unul stabil şi îşi încetineşte expansiunea.

Dacă Big Bangul are loc după ce universul trece prin inflaţie, trebuie găsit răspuns la câteva întrebări critice: ce s-a întâmplat înainte de inflaţie şi de ce, cum şi când a început inflaţia? Guth nu pare să-şi facă foarte multe probleme: „teoria inflaţiei permite o mare varietate de supoziţii care privesc starea universului înainte de inflaţie"[25]; de asemenea, spune că „oricât de puţin probabil ar fi ca inflaţia să înceapă, creşterea exponenţială externă poate compensa cu uşurinţă acest neajuns"[26]. Asemenea afirmaţii vagi nu sunt de regulă semnul unei teorii credibile.

O altă întrebare care poate fi adresată teoreticienilor inflaţiei este ce anume determină diferitele mecanisme să genereze inflaţia exponenţială a unui univers primordial superdens în pofida imensului său câmp gravitaţional, care ar fi putut mai degrabă să-l facă să se prăbuşească într-o gaură neagră[24] din care nimic nu ar mai fi putut scăpa. Pentru a răspunde acestei întrebări, cei mai mulţi teoreticieni au reintrodus în ecuaţiile lor constanta arbitrară Lambda pe care Einstein o declarase deja o eroare. Dând acestei constante arbitrare o valoare pozitivă mult mai mare decât cea pe care i-o dăduse Einstein, ei asigură câmpurilor inflaţionare o energie gravitaţională negativă (sau repulsivă) uriaşă ce face ca imensul câmp gravitaţional normal să devină neînsemnat.

Cât despre ce este Lambda în realitatea fizică, atât de diferită de o constantă matematică arbitrară care oferă o soluţie dorită unei ecuaţii, voi trece în revistă diferitele teorii în capitolul 4, pentru că, la mai bine de cincisprezece ani de când a fost formulată ipoteza inflaţiei, cosmologii au invocat-o din nou - deşi, de data asta, cu o nouă valoare - pentru a explica alte observaţii astronomice empirice care intrau în contradicţie cu modelul Big Bangului.

Evident, nu toate versiunile inflaţiei pot fi simultan corecte, dar Guth comentează: „Din numeroasele versiuni ale inflaţiei putem trage puţine concluzii [...]. Inflaţia cere doar să existe o oarecare stare care

să joace rolul unui fals vid şi să existe un oarecare mecanism care să producă barioni (protoni şi neutroni, de exemplu) în univers după ce inflaţia s-a încheiat. Astfel, teoria inflaţiei poate supravieţui, chiar dacă MTU sunt eronate [sublinierile îmi aparţin].“[27] Dar această descriere nu se potriveşte unei teorii ştiinţifice riguroase, ea este mai degrabă un ansamblu de conjecturi atât de abstracte şi de generalizate încât nu au semnificaţie în lumea fizică.

Această problemă de definire apare pentru că teoriile cosmologice au fost formulate de teoreticieni al căror principal instrument de lucru este matematica. Matematicienii folosesc termenul „teorie“ pentru a desemna o colecţie de propoziţii matematice care sunt demonstrabile prin deducţie pornind de la un set de supoziţii iniţiale sau axiome şi care sunt exprimate prin simboluri sau formule. O teorie matematică nu este obligatoriu într-o relaţie de corespondenţă cu fenomenele fizice, după cum a recunoscut Einstein: *„Scepticul va spune: «poate fi perfect adevărat că acest sistem de ecuaţii este rezonabil din punct de vedere logic. Dar asta nu înseamnă că el corespunde naturii». Ai dreptate, dragă scepticule. Numai experienţa poate decide în privinţa adevărului.“*

Deşi majoritatea cosmologilor consideră că disciplina lor e o ştiinţă, mulţi confundă teoriile matematice cu cele ştiinţifice, care sunt destul de diferite. Ştiinţa este o disciplină empirică, iar o teorie ştiinţifică trebuie să explice un set de fenomene care au fost validate printr-un set de experimente sau observaţii independente şi este folosită pentru a face predicţii sau retrodicţii despre diversele fenomene.

Dovezi aduse în favoarea teoriei inflaţiei

Reuşeşte vreuna dintre ipotezele inflaţionare să facă predicţii unice care să fie confirmate de dovezi? În 1997, Guth scria: „E corect să spunem că inflaţia nu este dovedită, dar simt că parcurge rapid drumul de la ipoteză la fapt general acceptat."[28] În 2004, declara că „predicţiile făcute de teoria inflaţiei se potrivesc de minune cu ceea ce a fost măsurat în radiaţia cosmică de fond (RCF)“[29]. Într-adevăr, echipa ştiinţifică responsabilă cu WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) a anunţat în 2006 că fluctuaţiile descoperite în radiaţia cosmică de fond favorizează cele mai simple versiuni ale inflaţiei, iar acest lucru a confirmat inflaţia ca element esenţial al explicaţiei cosmologice ortodoxe privind apariţia universului.

Mai mult, în 2014 echipa care supraveghea între unul şi cinci grade din suprafaţa cerului (adică de două până la zece ori diametrul unei luni pline) de lângă Polul Sud, proiect cunoscut sub numele de BICEP2, au anunţat că au găsit dovezi directe care susţin inflaţia.[30]

Ceea ce au descoperit de fapt era un semnal de polarizare în modul

B în fondul cosmic de radiaţii. Echipa BICEP2 a conchis că acesta trebuie să fi fost un semnal cauzat de undele gravitaţionale primordiale produse de expansiunea inflaţionară a universului. După entuziasmul iniţial şi discuţiile despre Premiul Nobel, două studii independente bazate pe datele de la BICEP2 au arătat că semnalul putea la fel de bine să fie pus în seama prafului cosmic şi câmpurilor magnetice galactice aflate chiar în interiorul Căii Lactee.[31] Mai mult, semnalele erau mult mai puternice decât ar fi trebuit, nefiind în concordanţă cu datele de la WMAP şi de la telescopul Planck.

Dacă diferitele variante ale teoriilor inflaţiei fac efectiv asemenea predicţii sau dacă parametrii stabiliţi ai ecuaţiilor lor de câmp sunt aleşi în aşa fel încât să producă rezultate aflate în concordanţă cu observaţiile vom vedea în capitolul 8. Literatura cosmologică menţionează arareori faptul că fluctuaţiile din fondul de radiaţii sunt considerate concordante şi cu alte ipoteze, precum modelul sferic simetric neomogen al universului, modelul ciclic ekpyrotic, cosmologia stării cvasistaţionare sau modelul universului etern din cosmologia plasmei.

Voi examina toate aceste ipoteze şi datele WMAP mai în detaliu când voi discuta, în capitolul 6, chestiunea interpretării datelor. Acum voi spune doar că Peter Coles, profesor de astronomie la Universitatea din Nottingham semnalează existenţa unor discrepanţe între datele furnizate de WMAP şi modelele inflaţiei, de exemplu inexplicabila aliniere ale anumitor componente ale punctelor fierbinţi şi reci, care teoretic ar trebui să nu aibă nici o structură. El conchide:

> Există puţine dovezi directe că inflaţia chiar a avut loc. Datele obţinute prin observarea radiaţiei cosmice de fond [...] sunt coerente cu ideea că inflaţia a avut loc, dar nu înseamnă că acest lucru s-a şi întâmplat efectiv. În plus, nu avem idee ce anume ar fi putut s-o provoace în cazul în care ea chiar a avut loc.[32]

Această poziţie este asemănătoare cu cea a lui Rowan-Robinson:

> Au fost propuse mai multe ipoteze cu privire la felul în care a avut loc inflaţia. Trăsătura comună esenţială este perioada în care a avut loc inflaţia exponenţială în universul timpuriu, care rezolvă problemele orizontului şi caracterului plat al universului. Nu există însă nici o dovadă că acest fenomen chiar a avut loc şi, de fapt, chiar mi-e greu să-mi imaginez cum ar putea fi obţinute asemenea dovezi.[33]

Ellis atrage atenţia asupra slăbiciunilor şi puterii predictive scăzute a teoriei inflaţiei:

> Dacă această ipoteză rezolvă numai problemele specifice universului timpuriu pentru care a fost formulată şi nimic

altceva, atunci ea are de fapt o putere explicativă redusă, reprezintă mai degrabă numai o descriere alternativă (probabil preferabilă din punct de vedere teoretic) a situaţiei cunoscute [...], presupusul câmp de inflatoni care ar fi produs o perioadă inflaţionară de expansiune rapidă în universul timpuriu nu a fost identificat şi cu atât mai puţin probat experimental în laborator. Întrucât acest câmp φ este necunoscut, i se poate asocia un potenţial $V_{(\varphi)}$ arbitrar. S-a demonstrat astfel că putem obţine practic orice evoluţie la scară a universului, $S_{(t)}$, prin alegerea potrivită a potenţialului; şi aproape orice spectru al perturbaţiilor [care, se presupune, a creat fluctuaţiile din RCF] poate fi obţinut printr-o alegere potrivită (posibil diferită). Într-adevăr, în fiecare caz, matematica poate fi folosită în sens invers pentru a determina potenţialul cerut $V_{(\varphi)}$ pornind de la rezultatele dorite.[34]

În sfârşit, dacă o teorie aspiră la statutul de teorie ştiinţifică, atunci ea trebuie să devină testabilă. Pretenţia centrală a tuturor teoriilor inflaţiei este aceea că universul pe care îl observăm este doar o parte infimă a întregului univers. Dacă informaţia nu poate depăşi sub nici o formă viteza luminii înseamnă că nu putem comunica cu (şi nici nu putem obţine vreo informaţie despre) alte părţi ale universului. Până când cei care au propus diversele modele ale inflaţiei vor dezvolta o metodă de a proba fără nici o ambiguitate existenţa a ceva cu care nu putem comunica şi despre care nu putem obţine informaţii, principala lor afirmaţie nu este doar netestată, ci şi netestabilă.

După cum a observat John Maddox, editor-şef al revistei Nature vreme de douăzeci şi trei de ani, „un fapt grăitor cu privire la obiceiurile comunităţii cercetătorilor e acela că scepticismul ei perpetuu şi sănătos nu s-a revărsat cu obişnuita generozitate asupra acestei teorii îndrăzneţe şi ingenioase"[35].

CONCLUZII

Este greu să evităm concluzia că teoria cosmologică ortodoxă actuală nu este credibilă pentru că multe dintre presupunerile ei fundamentale nu sunt valide şi pentru că depinde de valoarea unor parametri arbitrari, introduşi doar pentru a fi în acord cu observaţiile. În plus, diversele modele ale inflaţiei, formulate pentru a explica neconcordanţe ale modelului de bază al Big Bangului cu datele obţinute din observaţie, nu numai că nu sunt demne de încredere, dar au în centru afirmaţii netestabile.

În plus, aceste modele nu reuşesc să abordeze sau să explice în chip adecvat câteva probleme importante la care mă voi referi în capitolul următor.

CAPITOLUL 4

Ce nu reuşeşte să explice teoria ştiinţifică ortodoxă

> Ca principiu ştiinţific general, nu e de dorit să depindem de ceea ce este neobservabil pentru a explica ceea ce este observabil.
>
> Halton Arp, 1990

> Nu numai că nu putem vedea din ce este făcută cea mai mare parte a universului, dar nici măcar nu suntem făcuţi din ce este făcută cea mai mare parte a universului.
>
> Bernard Sadoulet, ~ 1993

Dacă teoria ştiinţifică ortodoxă, modelul inflaţionist al Big Bangului, vrea să ne ofere o explicaţie credibilă a originii materiei din care suntem alcătuiţi, atunci trebuie să răspundă la şase întrebări esenţiale.

SINGULARITATEA

Conform modelului Big Bangului, dacă dăm înapoi ceasul expansiunii universului, se produce o singularitate. Fizicienii teoreticieni au dezvoltat ideea de singularitate analizând găurile negre. Ea poate fi definită astfel:

> **singularitate** Regiune ipotetică în spaţiu-timp unde forţele gravitaţionale fac ca o masă finită să se comprime într-un volum infinit de mic şi, prin urmare, să aibă o densitate infinită, şi unde spaţiul-timp devine infinit distorsionat.

În 1970, Stephen Hawking şi Roger Penrose au publicat o demonstraţie matematică a faptului că trebuie să fi existat o singularitate în momentul Big Bangului, cu condiţia ca teoria relativităţii generale să fie corectă şi ca universul să conţină exact atâta materie câtă observăm. Aceasta a devenit teoria ortodoxă.

Hawking, totuşi, şi-a schimbat de atunci părerea şi acum crede că singularitatea dispare odată ce sunt luate în considerare efectele cuantice (vezi ipoteza Hartle-Hawking a universului fără frontiere din capitolul următor).

Prin urmare, ne putem întreba: a existat o singularitate în momentul Big Bangului şi, dacă da, ce ştim despre univers în acest punct?

Teoria ortodoxă este echivocă în privinţa primei părţi a întrebării. În ceea ce priveşte răspunsul la cea de-a doua parte, ea nu ne spune nimic, întrucât, după cum am văzut în capitolul anterior[25], cele două subteorii pe care se bazează, teoria relativităţii şi teoria cuantică, nu

mai funcţionează. Deşi cele 10^{-43} secunde pot părea o perioadă absurd de scurtă, în care nu se poate specifica nimic, diferitele modele ale inflaţiei speculează că într-o asemenea perioadă, înainte sau după Big Bang, au avut loc evenimente extrem de importante.

RAPORTUL OBSERVAT DINTRE MATERIE ŞI RADIAŢIE

Teoria ortodoxă cu privire la originea materiei invocă teoria standard din fizica particulelor pentru a explica cum a fost creată materia din energia eliberată în momentul Big Bangului.

Conform teoriei standard, o particulă elementară de materie se poate materializa spontan dintr-un câmp de energie laolaltă cu o particulă simetric opusă de antimaterie, care are aceeaşi masă şi acelaşi spin, dar sarcină opusă. Astfel, un electron (încărcat negativ) apare împreună cu un pozitron (încărcat pozitiv), iar un proton (încărcat pozitiv) apare împreună cu un antiproton (încărcat negativ). În condiţii de laborator, aceste particule şi antiparticule pot fi separate şi „încapsulate" de câmpuri electromagnetice. Totuşi, fără aceste câmpuri aplicate din exterior, viaţa acestor particule şi antiparticule elementare este infim de scurtă, de obicei 10^{-21} secunde, după care se anihilează unele pe altele într-o eliberare explozivă de energie - un proces invers faţă de cel prin care au fost create.

Astfel, modelul inflaţionar al Big Bangului trebuia să explice următoarele: a) din moment ce toate perechile particulă-antiparticulă produse au fost împinse unele spre altele în mediul extrem de dens de după Big Bang, cum de particulele şi antiparticulele nu s-au anihilat unele pe altele; b) din moment ce ştim că în univers există o cantitate enormă de materie, unde este cantitatea corespunzătoare de antimaterie?

Speculaţiile cu privire la existenţa antigalaxiilor au dus la estimări ale raportului dintre fotoni şi protoni în univers de aproximativ două miliarde la unu. Prin urmare, au conchis teoreticienii, pentru fiecare miliard de antiparticule - antiprotoni şi pozitroni - care s-au materializat din energia eliberată la Big Bang trebuie să se fi materializat, corespunzător, un miliard şi una particule - protoni şi electroni. Câte un miliard de particule şi antiparticule s-au anihilat reciproc într-o eliberare explozivă de energie, producând două miliarde de fotoni, care sunt cuante de energie electromagnetică. Conform modelului Big Bangului, exact această energie, care între timp s-a extins şi s-a răcit, formează radiaţia cosmică de fond pe care o vedem astăzi. Cei un miliard şi unu de protoni şi cei un miliard şi unu de electroni orfani au supravieţuit şi s-au combinat pentru a forma toată materia pe care o vedem azi în univers - toate planetele, sistemele solare, galaxiile şi roiurile galactice.

Totuşi, aceste estimări nu erau în concordanţă cu teoria standard din fizica particulelor, care susţinea că, în conformitate cu legile simetriei, se puteau materializa numai perechi de particule şi antiparticule.

Motivele acestei neconcordanţe au rămas o problemă pentru fizicienii teoreticieni până la jumătatea anilor ’70 ai secolului trecut, când a fost lansată conjectura că, la temperaturile extrem de înalte din timpul Big Bangu- lui, trei dintre forţele fundamentale ale naturii - forţa electromagnetică, forţa nucleară slabă şi forţa nucleară tare[26] - sunt doar aspecte diferite ale aceleiaşi forţe. Teoreticienii au dezvoltat diverse modele matematice, pe care le-au denumit marile teorii unificate, deşi datele experimentale au infirmat teoriile iniţiale şi nu au furnizat dovezi nici pentru alte modele. Aceste conjecturi permit oricărui tip de particulă elementară să interacţioneze cu toate celelalte şi să se transforme în orice altă particulă. În consecinţă, fizicienii teoreticieni au considerat că nu este nevoie ca simetria dintre materie şi antimaterie să se păstreze. Aşa că au ajustat modelul standard ca să poată explica asimetria. Această ajustare nu prezice şi cantitatea de asimetrie, dar, la fel ca sarcina electronului, necesită măsurători bazate pe observaţie care sunt apoi introduse în model, pentru ca acesta să devină coerent cu observaţiile.

În ciuda speranţelor exprimate în anii ’70, asimetria materie-antimaterie din laborator nu a fost detectată şi măsurată până în 2001, când mezonii B - particule despre care se credea că ar conţine un cuarc bottom şi un cuarc anti-down - şi mezonii anti-B au fost produşi şi au rezistat vreme de 10^{-12} secunde. Totuşi, asimetria observată nu a fost suficient de mare pentru a explica proporţia estimată dintre energie şi materie în univers.[1]

Astfel, teoria ştiinţifică ortodoxă actuală cu privire la originea materiei are de dat un răspuns convingător la întrebarea cum s-a format materia din energia eliberată la Big Bang în aşa fel încât să producă proporţia dintre materie şi energie pe care o observăm astăzi în univers.

MATERIA ÎNTUNECATĂ ŞI OMEGA

Două probleme apar aici.

În primul rând, dacă se estimează masa unei galaxii prin metoda convenţională a măsurării luminozităţii sale, atracţia gravitaţională a masei este de doar o zecime din cea necesară pentru a ţine toate stelele pe orbită în jurul centrului său. Similar, atracţia gravitaţională a masei unui roi de galaxii, măsurată după luminozitatea sa, este de numai aproximativ o zecime din cea necesară pentru a menţine galaxiile laolaltă în roiuri.

Acest lucru nu este foarte surprinzător, pentru că metoda convenţională constă doar în a măsura lumina emisă. Stelele şi galaxiile cu mase diferite au luminozităţi diferite şi se află la distanţe diferite de noi, astfel că lumina celor care se găsesc mai departe poate fi mai estompată de gaz, de praf sau de lumina stelelor mai apropiate. De aceea, măsurarea masei reprezintă doar o estimare brută pe baza unei medii a valorilor estimate „cunoscute“.

Încă şi mai semnificativ, metoda convenţională nu măsoară masa a ceva ce nu emite sau nu reflectă lumină. Dacă teoria relativităţii generale este validă, atunci ar trebui să existe de circa zece ori mai multă materie nonluminoasă - materie întunecată - care să se extindă dincolo de raza fiecărei galaxii vizibile pentru a o împiedica să se disipeze în spaţiu. De asemenea, ar trebui să existe de circa zece ori mai multă materie întunecată în ceea ce a fost considerat a fi vidul din jurul galaxiilor vizibile dintr-un roi.

Numeroasele speculaţii cu privire la ce anume ar putea fi materia întunecată pot fi grupate în două categorii.

MACHO Massive Compact Halo Objects sunt forme de materie foarte densă, precum găurile negre, piticele brune şi alte stele cu luminozitate scăzută - preferate de astrofizicieni pentru a explica materia întunecată.

WIMP Weakly Interacting Massive Particles sunt particule rămase în urma Big Bangului, precum neutrinii, care au de o sută de ori masa unui proton, şi altele - preferate de fizicienii particulelor pentru a explica materia întunecată.

Deşi existenţa materiei întunecate a fost inferată din efectele sale gravitaţionale, cercetările desfăşurate timp de peste treizeci de ani nu au reuşit să-i explice natura şi nici să confirme experimental existenţa WIMP. Mulţi fizicieni ai particulelor speră că Large Hadron Collider va produce în cele din urmă dovezi ale existenţei acestor particule, după ce, la redeschiderea acceleratorului, în 2015, energia sa de ciocnire se va dubla.

A doua problemă este că, şi în condiţiile în care am adăuga întreaga materie întunecată necesară pentru a ţine stelele pe orbită în galaxii şi galaxiile grupate în roiuri la materia vizibilă şi cunoscută, masa totală obţinută ar fi mult prea mică pentru a exercita suficientă atracţie gravitaţională care să echilibreze energia cinetică a expansiunii universului conform modelului inflaţionar ortodox al Big Bangului. Estimările produc o valoare a parametrului de densitate Omega de 0,3,[2] ceea ce este semnificativ mai puţin decât valoarea 1 caracteristică universului plat presupus de modelul Friedmann-Lemaître şi explicat prin conjecturile inflaţiei.

Aşadar, teoria ştiinţifică ortodoxă cu privire la originea materiei nu reuşeşte momentan să răspundă la aceste întrebări: a) ce este materia întunecată care, aparent, menţine stelele pe orbite şi galaxiile în roiuri? b) ce anume este şi unde este materia întunecată suplimentară necesară pentru a asigura concordanţa cu modelul ortodox al universului?

ENERGIA ÎNTUNECATĂ

Ca şi cum lucrurile nu erau deja destul de complicate în legătură cu modelul ortodox, în 1998 astronomii au anunţat o descoperire şi mai importantă.

Odată cu dezvoltarea tehnologiei şi a teoriei astrofizice, două echipe internaţionale de astronomi au reuşit să colecteze date provenind de la supernove de tip 1a cu o deplasare mare spre roşu; ei au considerat că aceste explozii violente ale unor stele albe pitice produc luminozităţi standard. Conform cosmologiei ortodoxe, nivelul deplasării spre roşu arăta că erau stele aflate la mare distanţă şi, prin urmare, tinere, care au explodat atunci când universul avea în jur de 9 sau 10 miliarde de ani. Cu toate acestea, erau mai palide decât ar fi fost de aşteptat. Cosmologii au tras concluzia că probabil se află la distanţe mai mari decât prezicea modelul geometriei plate Friedmann-Lemaître, care spune că rata de expansiune a universului scade. Au dedus de aici că a existat ceva ce a accelerat expansiunea universului. Au denumit acest ingredient necunoscut „*energie întunecată*“.[3]

Plecând de la supoziţiile teoriei ortodoxe şi de la interpretarea datelor astronomice, oamenii de ştiinţă care conduceau Wilkinson Microwave Anisotropy Probe au anunţat, în 2003, că universul este format din 4% materie cunoscută, 23% materie întunecată de un tip necunoscut şi 73% misterioasa energie întunecată27.[1] Cu alte cuvinte, materia întunecată necunoscută, care face să pară insignifiantă materia pe care o cunoaştem, pare la rândul ei insignifiantă în comparaţie cu o energie misterioasă care formează mai bine de două treimi din univers. Probabil că vorbele lui Bernard Sadoulet amintite la începutul capitolului ar trebui citite astfel: „Nu numai că nu suntem făcuţi din ce este alcătuită cea mai mare parte a universului, dar nici nu ştim din ce este alcătuită cea mai mare parte a universului.“

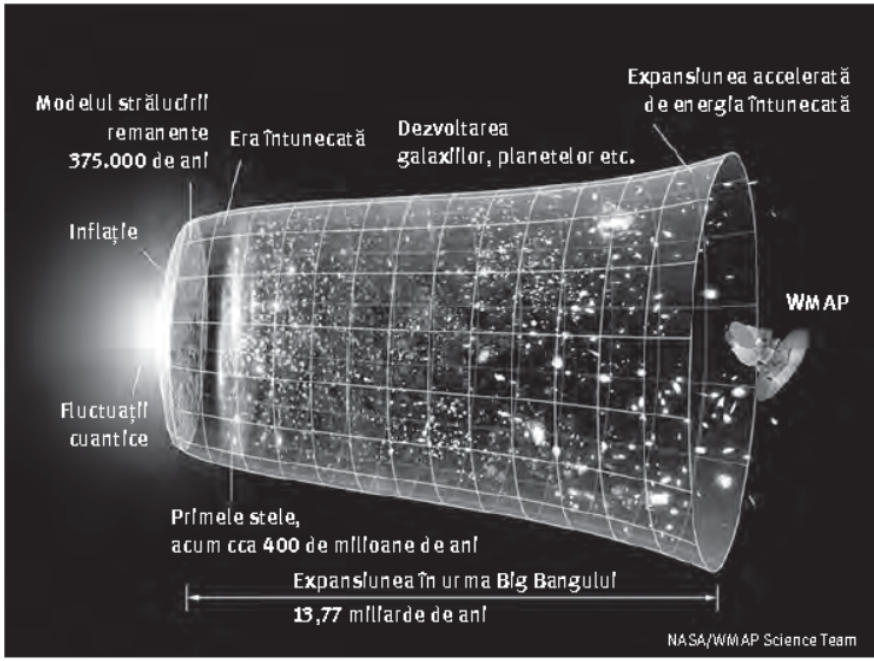


Figura 4.1 Istoria universului conform cosmologiei ortodoxe.

Oamenii de ştiinţă au trecut imediat la încercarea de a identifica această energie întunecată. Cosmologii teoreticieni au considerat că pot explica această relativ recentă creştere a ratei de expansiune a universului reintroducând constanta Lambda în ecuaţiile lui Einstein.

După cum am văzut în capitolul 3, Einstein însuşi abandonase această constantă cosmologică, considerând-o cea mai mare greşeală a lui. Ea nu apare în ecuaţiile Friedmann folosite în modelul de bază al Big Bangului, dar cele mai multe modele inflaţionare au reintrodus-o, deşi cu o valoare mult mai mare decât cea a lui Einstein şi doar pentru o perioadă extrem de scurtă de timp, ca să explice inflaţia universului primordial până când a ajuns să dobândească o densitate a masei critice cu Omega = 1, necesară unei expansiuni decelerate stabile. (Din moment ce este o constantă arbitrară, cosmologii îi pot da orice valoare, pozitivă, negativă sau zero.)

Astăzi, teoreticienii au introdus din nou constanta cosmologică - dar cu o valoare foarte diferită atât de cea dată de Einstein, cât şi de cea a inflaţioniştilor -, pentru a încerca să justifice acceleraţia implicată, care era mult mai mică decât acceleraţia din modelul inflaţionar. Aşadar, cosmologul Rocky Kolbe, de la Universitatea din Chicago, are întru câtva dreptate când o numeşte constanta cosmo-ilogică.

Pg.70

Dar dacă se doreşte ca Lambda să fie mai mult decât o constantă

matematică pe care fizicienii pot s-o introducă arbitrar în ecuaţiile lor şi să-i schimbe valoarea până când soluţiile lor se potrivesc cu observaţiile, atunci ea trebuie să aibă o semnificaţie în lumea reală. Fizicienii particulelor au crezut că reprezintă punctul zero, fundalul cuantic al universului, adică cea mai redusă stare energetică posibilă a universului, energia care se asociază cu spaţiul vid. Dar atunci când i-au calculat valoarea astfel s-a dovedit a fi cu 120 de ordine de mărime mai mare decât cea observată de astronomi.[4]

În plus, teoreticianul Martin Kunz şi colegii lui au pus paie pe foc în controversa despre Lambda arătând că, în primul rând, datele astronomice sunt prea disparate, iar în al doilea rând interpretarea datelor este implicit sensibilă la supoziţiile cu privire la natura energiei întunecate. Ei au sugerat că, luând în considerare şi comparând date despre mai multe fenomene astrofizice, s-ar putea elimina ipoteza unei constante cosmologice înţeleasă drept origine a energiei întunecate.[5]

Un alt fizician al particulelor, Syksy Rasanen, de la CERN, a pus la rându-i paie pe foc susţinând că expansiunea accelerată a universului nu este de fapt produsă de o misterioasă energie întunecată, ci, paradoxal, de o descreştere tot mai mare a ratei de expansiune a acelor mici regiuni ale spaţiului dominate de materie. Pe măsură ce aceste regiuni atrag tot mai multă materie, prin forţa atracţiei gravitaţionale, ele se condensează şi ocupă un procent tot mai mic - şi mai puţin important - din întregul volum al universului. Expansiunea regiunilor de vid continuă nestingherită pe măsură ce procentul ocupat de ele în volumul universului creşte. Efectul global, sugerează Rasanen, este că rata medie de expansiune a universului creşte fără să fie nevoie de prezenţa energiei întunecate.[6]

În 2011, fizicianul teoretician Ruth Durrer, de la Universitatea din Geneva, a subliniat că toate tipurile de dovezi ale existenţei energiei întunecate care au fost invocate până acum depind de distanţe calculate conform deplasării spre roşu care sunt mai mari decât cele prezise de modelul standard.[7] Richard Lieu, profesor de astrofizică la Universitatea din Alabama, merge şi mai departe şi susţine că modelul standard, care acum include materia întunecată şi energia întunecată, „a ajuns să fie susţinut de o cantitate uriaşă de propagandă care suprimă contradovezile şi respinge modelele concurente.“ El spune că cel puţin două modele concurente, unul eliminând materia întunecată, celălalt eliminând atât materia întunecată, cât şi energia întunecată, nu produc rezultate diferite indiferent dacă reuşesc sau nu să intre în concordanţă cu dovezile, şi conchide că, cu cât tabăra care susţine modelul ortodox şi domină agenţiile de finanţare se descurcă mai rău în identificarea acestor ingrediente întunecate, cu atât investesc mai mult din banii contribuabililor sufocând complet abordările

alternative.[8]

Ellis susţine şi el că sunt posibile explicaţii alternative ale datelor astronomice. Acestea pot să se potrivească, de exemplu, cu un model al universului sferic simetric şi neomogen, sau pot să se datoreze parţial reacţiei specifice a neomogenităţilor asupra expansiunii cosmice sau efectului neomogenităţilor asupra ariei efective.[9]

Pg.71

Cosmologul Lawrence Krauss trage concluzia că „natura «energiei întunecate» care cauzează aparenta expansiune accelerată a universului este, fără îndoială, cel mai mare mister din fizică şi astronomie."[10]

Astfel, dacă teoria ştiinţifică ortodoxă cu privire la originea materiei se doreşte convingătoare, ea trebuie să găsească răspuns la următoarele întrebări: a) expansiunea universului este sau nu accelerată? b) dacă este accelerată, când anume expansiunea decelerată s-a transformat în expansiune accelerată? c) ce cauză verificabilă produce această acceleraţie?

REGLAJUL FIN AL PARAMETRILOR COSMOLOGICI

Atunci când am examinat, în capitolul 3, problema caracterului plat al Universului din modelul de bază al Big Bangului, am văzut cum diferenţe infinitezimale ale valorii lui Omega - o măsură a atracţiei gravitaţionale a materiei din univers în raport cu energia sa de exapansiune - produc tipuri foarte diferite de univers.

În anul 2000, Astronomul Regal al Marii Britanii, Martin Rees, a afirmat că universul nu ar fi evoluat până la stadiul în care se află acum, când găzduieşte fiinţe ca noi, care se gândesc la originea universului, dacă nu numai valoarea lui Omega, ci şi valorile altor cinci parametri cosmologici ar fi fost fie şi doar cu puţin diferite.

De fapt, se crede că pentru evoluţia umană este nevoie de reglajul fin al multor altor parametri în afară de cei şase ai lui Rees, şi voi analiza problema „universului antropic" mai în detaliu în capitolele viitoare. Deocamdată este suficient să spunem că teoria cosmologică ortodoxă nu reuşeşte să explice cum şi de ce universul care a apărut în urma Big Bangului a luat exact forma pe care a luat-o, când erau posibile multe alte forme.

CREAŢIA DIN NIMIC

Aceasta este a cincea problemă pomenită mai sus. Este cea mai importantă întrebare la care trebuie să răspundă teoria cosmologică ortodoxă cu privire la originea materiei. Simplu spus, de unde a venit totul?

Mai exact, de unde a venit energia care nu numai că a produs întreg universul, dar a şi ţinut piept atracţiei gravitaţionale a materiei

superdense create atunci - infinit de densă, dacă a început sub forma unei singularităţi - şi a provocat extinderea universului până la dimensiunile sale actuale?

Pg.72

Mulţi cosmologi îmbrăţişează ideea că ar proveni din energia netă zero a universului. Ca o consecinţă a teoriei relativităţii restrânse a lui Einstein, orice masă m are o energie asociată echivalentă cu $E = mc^2$, iar această masă-energie de repaus are în mod convenţional o valoare pozitivă. Guth susţine că energia unui câmp gravitaţional este negativă. Sprijinindu-se pe o idee care, se pare, a fost exprimată prima oară de Richard Toman în 1934[11], explicaţia lui Guth pentru creaţia din nimic folosind ideea energiei nete zero poate fi rezumată după cum urmează:

1. Dacă principiul conservării energiei se aplică şi universului, atunci astăzi universul trebuie să aibă o cantitate de energie egală cu cea din care a fost creat.
2. Dacă universul a fost creat din nimic, atunci energia totală a universului trebuie să fie 0.
3. Întrucât universul conţine astăzi, în mod evident, o insondabilă ma- să-energie a o sută de miliarde de galaxii aflate în expansiune, atunci trebuie să existe un alt tip de energie care s-o compenseze.
4. Din moment ce câmpul gravitaţional are o energie negativă, cantitatea enormă de energie pe care o observăm poate fi anulată printr-o contribuţie negativă de aceeaşi mărime din partea câmpului gravitaţional.
5. Din moment ce nu există nici o limită a mărimii energiei din câmpul gravitaţional, nu există nici o limită a cantităţii de masă-energie pe care o poate anula.
6. Prin urmare, se poate ca universul să fi apărut din absolut nimic într-o manieră concordantă cu toate legile conservării pe care le cu- noaştem.[12]

Propoziţia (2) depinde de condiţia ca universul să fi fost într-adevăr creat din nimic. Acesta nu este însă nici pe departe un adevăr de la sine înţeles. De aceea, validitatea propoziţiei este discutabilă.

Propoziţia (5) se bazează, la rândul ei, pe o supoziţie discutabilă; voi discuta termeni precum „fără limite“ şi „fără hotare“ în capitolul 6, când mă voi ocupa de infiniţii dintr-un cosmos fizic.

Chiar dacă am accepta aceste propoziţii discutabile, explicaţia de mai sus arată totuşi cum universul ar fi putut teoretic să evolueze din nimic, nu însă şi cum a evoluat practic. Edward Tryon a propus în 1973 ipoteza „fluctuaţiilor cuantice ale vidului“. Conform principiului indeterminării din teoria cuantică, nu putem măsura energia exactă a unui sistem la un anumit moment. Astfel, teoria cuantică permite

conjectura că şi vidul, un spaţiu din care a fost eliminat totul, are un punct zero sau o stare fundamentală a energiei fluctuante din care o pereche particulă-antiparticulă poate să se materializeze spontan, să existe pentru o perioadă incredibil de scurtă, pentru ca apoi să dispară. Tryon a sugerat că universul s-a materializat spontan dintr-un vid printr-o asemenea fluctuaţie cuantică.[13]

Totuşi, în teoria cuantică, probabilitatea ca un obiect să se materializeze din vid scade dramatic odată ce cresc masa şi complexitatea lui, aşa că probabilitatea ca un univers complex în vârstă de 14 miliarde de ani şi cu o masă de zece mii de miliarde de miliarde de ori mai mare decât masa Soarelui să fi apărut în acest fel este atât de mică, încât putem spune că e imposibil. Sugestia lui Tryon nu a fost luată în serios până când nu i-a venit în ajutor teoria inflaţiei.

Guth şi alţii speculează că, în perioada infinitezimal de scurtă în care au loc astfel de fluctuaţii cuantice ale vidului, proto-universul trebuie să fi crescut într-o fracţiune de secundă cu aproximativ 50 de ordine de mărime, în ciuda câmpului gravitaţional al materiei sale, care l-ar fi putut duce la colaps.

Această idee conţine două provocări. În primul rând, după cum am văzut în capitolul 3, cu toate că teoreticienii inflaţiei încearcă să dovedească altceva, masa-energie nu se poate deplasa cu viteze superluminice fără să intre în conflict cu teoria relativităţii[28].

În al doilea rând, după cum am văzut în capitolul precedent, există circa o sută de versiuni ale teoriei inflaţiei, dar majoritatea urmează teoria lui Linde şi presupun că mecanismul este un fel de câmp scalar, numit generic câmp de inflaţie. Totuşi, spre deosebire de un câmp electromagnetic, care poate fi identificat şi măsurat, nimeni nu a găsit încă vreo cale de a identifica şi cu atât mai puţin de a măsura un câmp de inflaţie. Această conjectură crucială nu este susţinută în nici un fel de dovezi empirice.

Se presupune că energia care ţine activ acest câmp de inflaţie vine din energia netă zero a universului. În vreme ce Rees este atent să folosească termenul „conjectură“ pentru această idee[14], Hawking nu are asemenea rezerve. El susţine că, în cazul unui univers care este aproximativ uniform în spaţiu, energia gravitaţională negativă contracarează exact energia pozitivă a materiei. De aceea, energia totală a universului este zero. „De două ori zero e tot zero. De aceea, universul îşi poate dubla cantitatea de materie-energie pozitivă, dublându-şi şi energia gravitaţională, fără să încalce legile conservării energiei. [...] În timpul fazei inflaţionare, universul şi-a mărit cu mult dimensiunea. De aceea, cantitatea totală de energie disponibilă pentru crearea de particule devine foarte mare. După cum a remarcat Guth,

«se spune că nu există mese gratis, dar universul este masa gratis absolută»".[15]

Nu cunosc prea mulţi oameni de ştiinţă, cu excepţia cosmologilor, care să creadă în existenţa meselor gratis. Dar, chiar dacă universul ar fi o masă gratis, de unde provin totuşi ingredientele? Mai precis, un vid cu o energie fundamentală care trece prin fluctuaţii cuantice aleatorii nu poate fi considerat un nimic. De unde provine acest vid? În plus, cum poate fi testată această conjectură?

Iată întrebările la care trebuie să răspundă cosmologia ortodoxă dacă vrea ca această conjectură a creaţiei din nimic să fie tratată ca o teorie ştiinţifică.

CONCLUZII

Capitolul 3 s-a încheiat cu concluzia că teoria cosmologiei ortodoxe nu este credibilă şi că ideea centrală a teoriei inflaţiei, adăugată ca să explice anumite contradicţii cu datele obţinute prin observaţie, este aproape sigur netestabilă.

Acest capitol se încheie cu concluzia că, în pofida altor două adaosuri majore - materia întunecată şi energia întunecată -, teoria actuală nu reuşeşte să dea răspunsuri convingătoare la şase întrebări esenţiale: dacă universul a început sau nu ca o singularitate şi, dacă da, în ce fel s-a petrecut asta; cum s-a format materia din energia eliberată la Big Bang pentru a produce raportul dintre energie şi materie pe care-l observăm astăzi; ce este această materie întunecată aparent necesară pentru a explica de ce galaxiile sau roiurile galactice nu se disipează şi ce anume şi unde este cantitatea mult mai mare de materie întunecată necesară pentru a explica de ce rata de expansiune a universului este cea prezisă de teorie; când şi cum această rată de expansiune decelerată a devenit aparent accelerată şi ce anume este energia întunecată invocată drept cauză a acestui fenomen; cum şi de ce universul a luat forma pe care a luat-o, când erau posibile atâtea alte forme; şi, cel mai important, cum anume a fost creat totul din nimic, ţinând cont că bula originară de vid are o energie fundamentală diferită de zero şi, prin urmare, nu poate fi considerată un nimic.

În 1989, revista *Nature* a publicat un editorial în care modelul Big Bangului era descris drept „inacceptabil" şi se prezicea că „foarte probabil nu va supravieţui următorului deceniu"[16]. A supravieţuit mai mult decât atât: modelul inflaţionar al Big Bangului fierbinte reprezintă încă explicaţia ortodoxă a cosmologiei cu privire la originea universului. Dar cât va mai dura asta?

Alte ipoteze concurează fie pentru a modifica modelul ortodox, fie pentru a-l depăşi. Furnizează ele o explicaţie pentru originea

universului mai riguroasă din punct de vedere ştiinţific?
Pg.75

CAPITOLUL 5
Alte conjecturi cosmologice

> Căutarea unei alternative [la modelul ortodox] este un mod corect de a proceda din punct de vedere ştiinţific. Ştiinţa avansează cel mai rapid când există două sau mai multe idei concurente.
>
> Paul Steinhardt, 2004

> Mulţi dintre teoreticienii practicieni de azi nu par să fie preocupaţi că ipotezele lor vor trebui până la urmă să dea piept cu observaţiile despre realitatea obiectivă.
>
> Michael Riordan, 2003

Unii cosmologi, spre deosebire de unii papi, nu sunt foarte fericiţi cu ideea că universul a început să existe printr-o explozie din nimic. Pentru ei, ideea că universul este etern e mult mai atrăgătoare. O dificultate în evaluarea ideilor lor şi a alternativelor la teoria inflaţionară ortodoxă a Big Bangului vine din faptul că, aşa cum cea mai mare parte a literaturii despre religie este scrisă de cei care cred în anumite doctrine religioase, şi cea mai mare parte a literaturii cu privire la speculaţiile cosmologice este scrisă de cei care cred în anumite speculaţii. La fel ca omologii lor religioşi, şi ei sunt adesea lipsiţi de obiectivitate atunci când îşi prezintă ipotezele, selectând şi interpretând dovezile care le sunt de folos.

Am ales ideile care mi se par cele mai importante.

UNIVERSUL FĂRĂ HOTARE DIN TEORIA HARTLE-HAWKING

Pentru a încerca să răspundă la prima întrebare pe care am pus-o în capitolul anterior - dacă este adevărat sau nu că universul, care include spaţiul şi timpul, a început ca o singularitate în care legile cunoscute ale fizicii nu mai funcţionează -, Stephen Hawking a analizat modurile în care teoria cuantică poate fi aplicată stării fundamentale a universului. Cum în ecuaţiile sale nu a făcut distincţie între cele trei dimensiuni spaţiale şi unica dimensiune temporală, Hawking a putut introduce timpul imaginar. Acesta a fost echivalentul noţiunii de număr imaginar, acceptată de multă vreme în matematică. Dacă luăm un număr real, de exemplu 2, şi îl multiplicăm cu el însuşi obţinem un număr pozitiv, 4, care este tot un număr real. Acelaşi lucru este adevărat şi dacă multiplicăm un număr negativ cu el însuşi:

-2 înmulţit cu -2 dă 4.

Pg.76

Un număr imaginar este unul care, atunci când este multiplicat cu el însuşi, dă un produs negativ. De exemplu, i multiplicat cu el însuşi dă -1, în vreme ce 2 i multiplicat cu el însuşi dă -4.

Rezultatul acestei cercetări pe care a desfăşurat-o împreună cu Jim Hartle în 1983 a fost ipoteza unui univers în care spaţiul şi timpul sunt finite, dar fără hotare.[1] Un model analog simplificat la două dimensiuni al modelului cvadridimensional Hartle-Hawking este suprafaţa Pământului, care este finită, dar nu are hotare, după cum se vede în figura 5.1.

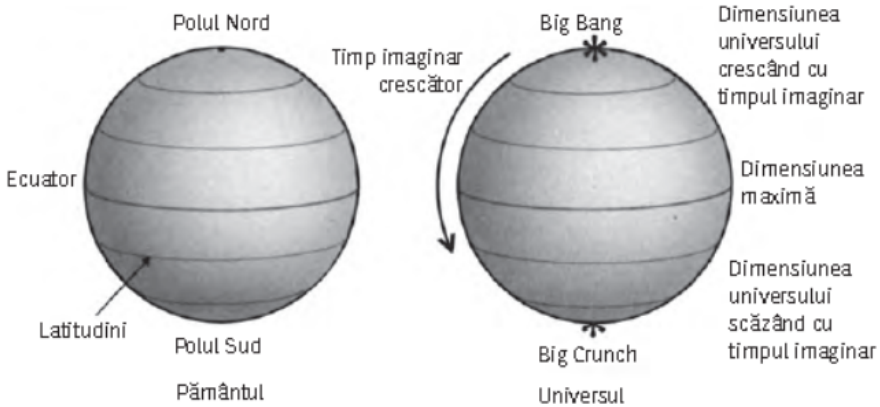


Figura 5.1 O reprezentare simplificată, bidimensională, a suprafeţei universului fără hotare din teoria Hartle-Hawking comparată cu suprafaţa Pământului

Universul începe aici la Big Bang cu o dimensiune zero la echivalentul Polului Nord, se extinde în timpul imaginar şi atinge o dimensiune maximă la echivalentul Ecuatorului, apoi se contractă în timpul imaginar şi sfârşeşte printr-o implozie, ajungând din nou la dimensiunea zero la echivalentul Polului Sud. La fel cum legile fizicii rămân valabile la Polul Nord real de pe suprafaţa Pământului, ele rămân valabile şi în timpul imaginar la momentul zero.

Această soluţie descrie un univers în care, conform lui Hawking, „nu ar exista singularităţi în care legile fizicii să fie anulate şi nici margini ale spaţiului-timp. Condiţia-limită a universului este aceea că nu are limite. Universul [...] n-ar fi nici creat, nici distrus. Pur şi simplu ar FI.“

Hawking admite că, atunci când ne întoarcem în timpul real în care trăim, tot va părea că există singularităţi, dar sugerează că ceea ce numim timp imaginar ar putea fi chiar timpul real, iar ceea ce numim timp real e doar o plăsmuire a imaginaţiei noastre.

Pg.77

Această propunere ingenioasă rezolvă multe dintre problemele modelului cosmologic ortodox, printre care se numără creaţia din nimic. Totuşi, Roger Penrose, care a construit laolaltă cu Hawking demonstraţia matematică a faptului că trebuie să fi existat o singularitate la Big Bang, cu condiţia ca teoria relativităţii generale să fie corectă[29], descrie modelul drept „un truc isteţ“ pentru a produce teorii cuantice de câmp coerente, dar consideră că pune „probleme serioase" dacă e folosit laolaltă cu aproximările necesare pentru a rezolva ecuaţiile.[2]

Ca să vedem dacă descrie lumea pe care o cunoaştem, modelul trebuie testat. Hawking susţine că acesta face două predicţii care se potrivesc cu observaţiile: amplitudinea şi spectrul de fluctuaţii al radiaţiei cosmice de fond. Totuşi, ca şi în cazul inflaţiei, „predicţiile“ derivă mai degrabă dintr-o alegere arbitrară a unor câmpuri scalare decât din predicţiile efective ale modelului universului fără hotare.

Totuşi, oricât de atrăgător ar fi acest model din punct de vedere conceptual, după mai bine de treizeci de ani Hawking nu a reuşit să convingă prea mulţi cosmologi teoreticieni că armătura sa matematică este viabilă şi că timpul său imaginar este de fapt timp real. În plus, modelul nu a făcut predicţii unice care să fi fost susţinute de observaţie.

INFLAŢIA HAOTICĂ ETERNĂ

Dacă Big Bangul a urmat după o perioadă de inflaţie, ipoteză favorizată astăzi de cei mai mulţi cosmologi, trebuie să aflăm ce a fost înainte. Încercând să răspundă, Linde a dezvoltat în 1986 ceea ce el a numit modelul „universului care există etern şi se autoreproduce printr-o inflaţie haotică"[3].

Deşi cosmologii educaţi în cultura de după 1965, conform căreia cosmogonia Big Bangului este singura valabilă, recunosc extrem de rar, sau nu recunosc niciodată, că acest model are multe în comun cu versiunea actualizată a stării staţionare, cunoscută drept cosmologia stării cvasistaţionare[30]. Linde propune ipoteza că inflaţia haotică continuă la nesfârşit, sub forma unui proces etern, prin care se creează noi regiuni ale spaţiului cu diferite proprietăţi. Unele dintre aceste regiuni ar putea fi la fel de mari ca întregul univers observabil. „Cu o inflaţie eternă, ar fi cu adevărat acelaşi univers, dar părţile sale ar fi atât de îndepărtate unele de altele, încât, din raţiuni practice, putem spune că sunt universuri diferite."[4]

Modelul sugerează că, odată ce aceste regiuni vor creşte prin inflaţie, ele vor conţine mici părţi care la rândul lor vor creşte prin inflaţie şi, odată ce au crescut, vor conţine alte părţi care vor creşte prin inflaţie ş.a.m.d. Astfel, procesul inflaţionar se autoreproduce.

Guth susţine cu entuziasm această ipoteză, deoarece „inflaţia eternă elimină întrebarea dificilă cu privire la cât de plauzibil este ca procesul inflaţionar să fi început“. Mai mult,

> dacă modelul inflaţiei eterne este corect, atunci Big Bangul nu a fost un act unic de creaţie, ci a fost mai degrabă un proces asemănător diviziunii celulare. [...] Dată fiind plauzibilitatea inflaţiei eterne, cred că în curând orice teorie cosmologică ce nu va duce la concluzia eternei reproduceri a universurilor va fi considerată la fel de inimaginabilă în perspectivă ca o specie de bacterii care nu se pot reproduce."[5]

Guth are dreptate să considere această declaraţie drept o declaraţie de credinţă mai degrabă decât o concluzie ştiinţifică.

În principiu, conjectura răspunde la întrebarea despre originea regiunii, sau bulei, noastre de univers: a avut un început şi ar putea să aibă sau să nu aibă un sfârşit, dar întregul proces nu se va sfârşi niciodată. În privinţa modului în care a început întregul proces, Linde e mai puţin sigur. În 2001, a scris: „Există o şansă ca toate părţile universului să fi fost create simultan într-o singularitate iniţială de tip Big Bang. Necesitatea acestei supoziţii nu mai este totuşi evidentă."[6]

Cu şapte ani înainte, cosmologii Arvind Borde şi Alexander Vilenkin ajunseseră la o concluzie mai clară. Ei afirmau că, dacă admitem anumite supoziţii tehnice, un spaţiu-timp rezonabil din punct de vedere fizic care se află în eternă inflaţie în viitor trebuie să fi apărut dintr-o singularitate.[7]

Greutatea argumentului sprijină cu siguranţă concluzia că ipoteza inflaţiei haotice „eterne" nu este ea însăşi eternă: în vreme ce inflaţia haotică poate continua indefinit în viitor, ea a avut un început. Prin urmare, nu răspunde la întrebarea fundamentală de unde a apărut totul, nici nu elimină întrebarea dificilă cu privire la cât de plauzibil este ca inflaţia să fi început. În plus, are aceleaşi probleme legate de caracterul netestabil al principalei sale afirmaţii care au făcut şi alte versiuni ale inflaţiei să se îndepărteze de domeniul ştiinţei şi să se încadreze mai degrabă în domeniul conjecturii filozofice.

VITEZA VARIABILĂ A LUMINII

Pg.79

Un cosmolog tânăr, pe nume João Magueijo, pe vremea aceea deţinătorul unei prestigioase burse de cercetare oferite de Societatea Regală, a propus o alternativă la conjectura inflaţiei care, spune el, a devenit sacrosanctă în cadrul comunităţii cosmologice americane. Ideea lui centrală este că, în universul foarte timpuriu, viteza luminii era mult mai mare decât este acum. Această conjectură rezolvă toate problemele pe care le rezolvă şi conjectura inflaţiei, plus că, deşi nu s-a găsit nici o dovadă că ar exista o particulă precum inflatonul sau un

câmp de inflaţie corespunzător, Magueijo susţine că unele dovezi provenind din observarea stelelor foarte tinere susţin ipoteza vitezei variabile a luminii, dezvoltată de el împreună cu Andreas Albrecht (care dezvoltase anterior, în colaborare, una dintre primele versiuni modificate ale conjecturii inflaţiei - vezi p. 82). Această idee respinge, în mod evident, una dintre afirmaţiile teoriei relativităţii generale a lui Einstein, anume că nimic nu se poate deplasa cu o viteză mai mare decât viteza luminii, iar Magueijo încearcă să rescrie corespunzător ecuaţiile lui Einstein.

A specula că, într-o foarte scurtă perioadă după Big Bang (în care teoria relativităţii a lui Einstein nu mai este valabilă), viteza luminii era de mii ori mai mare decât este acum nu pare mai puţin rezonabil decât să speculezi că masa-energie a unui vid s-a mărit prin inflaţie cu o viteză de mii de ori mai mare decât viteza luminii. Cu toate acestea, Magueijo şi Albrecht au reuşit foarte greu să-şi publice lucrarea, la fel cum s-a întâmplat cu Hoyle şi cu alţii care s-au îndepărtat de cosmologia ortodoxă.

Relatarea acestor încercări de a publica pe care a făcut-o Magueijo şi răspunsurile recenzenţilor îţi dau impresia că lucrarea celor doi cercetători a trecut prin mâinile unor episcopi ai ortodoxiei, înclinaţi să respingă automat viziunile eretice ce pun în discuţie ipotezele pe care s-a clădit reputaţia lor. Pentru a putea citi versiunea integrală a trebuit să cumpăr ediţia americană a cărţii lui Magueijo, iar asta aruncă o lumină tristă asupra revistei *Nature*. *Nature* l-a ameninţat pe editorul britanic că-l dă în judecată dacă nu retrage anumite pasaje din prima ediţie, pentru a publica varianta epurată. Printre altele, Magueijo a susţinut că majoritatea cercetătorilor din domeniul său consideră că editorul secţiunii de cosmologie a revistei Nature nu este de fapt potrivit pentru această slujbă, dar nici unul dintre colegii săi nu îndrăzneşte să spună asta, de teamă să nu-şi rişte cariera. Mai mult, fizicianul foloseşte un limbaj lipsit de reverenţă numindu-l „un imbecil de primă mână“ şi un „om de ştiinţă ratat“, care suferă de complexul castrării. Un asemenea limbaj distrage atenţia de la demonstraţia sa. Desigur, Nature ar fi servit mai bine idealurile ştiinţei dacă ar fi încetat să se poarte precum Sfântul Oficiu şi i-ar fi lăsat pe cititori să decidă în ce măsură ideile lui Magueijo sunt ale unui egocentric imatur sau ale unui om rezonabil, dar frustrat.[8]

Lucrarea lui Magueijo şi Albrecht a fost publicată în cele din urmă în 1999, în Physical Review. Conjectura lor ar putea duce la o teorie mai solidă dacă va reuşi să facă predicţii care să poată fi testate empiric, dar nu vom putea decide asupra ei până când nu vor apărea şi alte lucrări teoretice şi dovezi obţinute prin observaţie.

UNIVERSUL OSCILANT

Ipoteza că Big Bangul ar fi apărut din colapsul unui univers anterior a fost propusă de Richard Toman, de la Caltech, încă din 1934. Aceasta se baza pe o altă soluţie a ecuaţiilor relativităţii generale ale lui Einstein, în care universul era presupus tot izotrop şi omnicentric, dar avea mai degrabă o geometrie închisă decât una plată. Soluţia particulară arată un univers oscilant, care se extinde şi se contractă până la un Big Crunch, după care se extinde din nou, repetând procesul la infinit. Când Tolman a aplicat cel de-al doilea principiu al termodinamicii la acest model, a ajuns la concluzia că fiecare ciclu al universului oscilant ar avea dimensiuni mai mari şi ar dura mai mult decât precedentul.[9]

Ipoteza a căzut în dizgraţie, din mai multe motive, mai ales atunci când cosmologii au conchis că dovezile observaţionale sprijineau modelul universului plat. După cum am văzut însă, acesta conţinea neconcordanţe majore cu dovezile observaţionale, drept care a fost nevoie de introducerea conjecturii inflaţiei şi a unor vaste cantităţi de materie şi energie întunecată.

Ipoteza lui Tolman pare să evite problema singularităţii. Totuşi, dacă fiecare ciclu al universului oscilant capătă dimensiuni tot mai mari şi durează tot mai mult, asta înseamnă că fiecare ciclu anterior a avut dimensiuni mai mici şi a durat mai puţin. Dacă vom merge suficient de mult timp înapoi, vom ajunge la un ciclu care tinde să fie infinit de mic şi infinit de dens la momentul zero, adică exact condiţiile necesare pentru singularitatea de tip Big Bang din teoria standard. De aceea, modelul nu prezintă cu adevărat un univers etern şi nu poate evita problema fundamentală a originii: cum şi de ce a ajuns să existe o singularitate infinit de mică şi de densă?

În plus, nimeni nu a reuşit până acum să creeze mijloace pentru a observa sau pentru a testa existenţa fizică a unui univers anterior în acest ciclu. Până când se va întâmpla asta, această conjectură va rămâne, la rândul ei, în afara domeniului ştiinţei aşa cum îl înţelegem acum.

SELECŢIA NATURALA A UNIVERSURILOR

Lee Smolin este un teoretician care nu numai că e pregătit să gândească în afara dogmelor ortodoxiei, dar chiar crede că fizica nu poate să progreseze altfel. Conjectura lui cu privire la evoluţia universurilor prin selecţie naturală a fost luată în serios în câteva cercuri ale comunităţii ştiinţifice, aşa că merită s-o examinăm în detaliu.

În 1974, John Wheeler speculase că un colaps al universului într-un Big Crunch ar putea duce la un Big Bounce [Marele Ricoşeu], o

reorganizare menită să producă un nou univers în care legile fizicii ar fi aceleaşi, dar parametrii fizici, precum masa unui proton şi sarcina unui electron, care nu sunt prevăzuţi de legi, s-ar schimba.

Pg.81

După cum am văzut în capitolul precedent, când am vorbit despre reglajul fin al parametrilor cosmologici, schimbări foarte mici pot produce universuri foarte diferite. De exemplu, dacă singura schimbare ar fi aceea că protonii ar deveni cu 0,2% mai grei, atunci nu s-ar forma deloc atomi stabili, iar universul ar rămâne o plasmă, din care n-ar putea niciodată să evolueze forme de materie complex organizată precum oamenii.

Preluând această noţiune şi ducând-o mai departe, Smolin speculează că nu doar colapsul unui univers în Big Crunch poate produce un alt univers, cu parametri diferiţi, printr-un Big Bounce, ci şi colapsul unei stele într-o gaură neagră va produce un nou univers, cu parametri diferiţi, de partea cealaltă a găurii negre. După generaţii întregi de universuri produse în acest fel dintr-un univers-părinte cu parametri arbitrari, vor rămâne, printr-un proces de selecţie naturală asemănător celui biologic[31], universurile cele mai potrivite pentru a supravieţui şi pentru a susţine evoluţia vieţii inteligente.[10]

Opt supoziţii stau la baza acestei ipoteze:

1. Efectele cuantice împiedică formarea unei singularităţi în care timpul începe sau se opreşte când se produce colapsul universului într-un Big Crunch sau colapsul unei stele într-o gaură neagră şi, astfel, timpul continuă să curgă într-o nouă regiune de spaţiu-timp, conectată cu universul-părinte numai în momentul iniţial.
2. O astfel de nouă regiune a spaţiului-timp în care timpul continuă după colapsul unei stele într-o gaură neagră rămâne, inevitabil, inaccesibilă pentru noi, dar „ar putea fi la fel de întinsă şi de variată ca universul pe care-l putem vedea“.
3. Deoarece universul pe care-l vedem conţine un număr uriaş de găuri negre, „trebuie că există un număr uriaş de astfel de universuri [...], cel puţin la fel de multe ca numărul de găuri negre din universul nostru [...], probabil şi mai multe, pentru că ce anume ar împiedica aceste universuri să aibă la rându-le stele care, în urma unui colaps într-o gaură neagră, să formeze noi universuri?“
4. Parametrii primului univers au valori de aşa natură încât el produce cel puţin un univers descendent.
5. Fiecare univers descendent produce cel puţin un urmaş.

Pg.82

6. Parametrii noului univers format prin colapsul unui alt univers sau al unei stele sunt uşor diferiţi de cei ai universului-

părinte.

7. Se aplică regulile selecţiei naturale: efectul cumulativ al micilor mutaţii arbitrare în parametrii universurilor-descendente produce în cele din urmă universuri ai căror parametri sunt cei mai potriviţi pentru a produce numeroase găuri negre - şi, prin urmare, multe universuri-des- cendente -, până când ajungem la un univers ca al nostru, care creează 10^{18} găuri negre.

8. Parametrii universurilor de tipul universului nostru, care produc un număr atât de mare de găuri negre, sunt reglaţi fin pentru evoluţia vieţii inteligente.

Toate aceste supoziţii nu sunt în nici un caz evidente de la sine.

Smolin împărtăşeşte supoziţia (1) cu mulţi alţi teoreticieni, dar recunoaşte că gradul în care această teorie corespunde realităţii depinde de detaliile teoriei cuantice a gravitaţiei, care nu este completă.

Supoziţia (2) nu pare rezonabilă. Dacă actuala teorie a găurilor negre este corectă, atunci, chiar dacă ele pot avea o densitate uriaşă, dacă nu chiar infinită, au o masă limitată. De exemplu, o gaură neagră ar trebui să se formeze prin colapsul gravitaţional al unei stele cu o masă de trei ori mai mare decât cea a Soarelui nostru. Masa materiei luminoase cunoscute şi a presupusei materii întunecate din univers este estimată egală cu aceea a zece mii de miliarde de miliarde de sori. Chiar fără a lua în considerare energia necesară pentru expansiunea noului univers, pare ilogic să presupui că o masă egală, să spunem, cu masa a cinci sori intră în colaps într-o gaură neagră şi explodează de partea cealaltă ca o masă egală cu cea a zece mii de miliarde de miliarde de sori. Probabil că Smolin, la fel ca Guth sau alţi teoreticieni[32], îl urmează pe Tolman, dar e mai puţin ambiţios, considerând că un univers poate să apară din masa a cinci sori mai degrabă decât din nimic.

În privinţa supoziţiei (4), Smolin admite că dacă parametrii primului univers sunt arbitrari atunci „este cel mai probabil" (probabil într-o măsură covârşitoare ar fi, cred, o formulare mai potrivită) ca în câteva microsecunde primul univers fie să se extindă până la vid, fie să intre în colaps. Asta înseamnă că procesul evolutiv nu va începe practic niciodată. Pentru a evita această concluzie, Smolin presupune că parametrii universului-părinte şi ai universurilor descendente sunt fin reglaţi pentru a le permite măcar o oscilaţie. Totuşi, el nu prezintă nici o justificare pentru această supoziţie în afară de faptul că e necesară pentru ca speculaţia lui să funcţioneze. În plus, speculaţia nu explică în nici un fel cum a ajuns să existe la început un astfel de univers-părinte. De aceea, nu poate pretinde că are o putere explicativă mai mare decât modelul inflaţionar ortodox al Big

Bangului.

Pg.83

Supoziţia (8) implică faptul că fizica ce maximizează producţia de găuri negre este fizica ce permite condiţiile pentru evoluţia vieţii, dar Smolin nu oferă o bază solidă pentru o astfel de supoziţie.

Cât despre baza empirică a teoriei, vom spune că aceasta postulează existenţa unui număr enorm de universuri care fie au dispărut, fie, dacă încă există, sunt dincolo de capacitatea noastră de comunicare. Smolin susţine totuşi că ipoteza lui este testabilă, fiindcă prezice că parametrii din legile fizicii elementare a particulelor sunt apropiaţi de o valoare care maximizează numărul de găuri negre din univers. Acest argument este circular. Iar speculaţia nu este, de fapt, testabilă prin vreun mijloc cunoscut şi, astfel, trebuie considerată mai degrabă o conjectură filozofică decât una ştiinţifică.

GRAVITAŢIA CUANTICĂ CU BUCLE

Asemeni conjecturii lui Smolin, cele mai multe dintre ipotezele alternative privind originea universului rezolvă problema singularităţii speculând că, dacă privim expansiunea universului în sens invers, efectele cuantice împiedică formarea unei singularităţi în care timpul să pornească sau să se oprească. Toate aceste ipoteze încearcă să unifice teoria cuantică cu teoria relativităţii, propunând un univers în colaps de cealaltă parte a Big Bangului, univers de care universul nostru este legat printr-un tunel cuantic. Dacă ar fi aşa, atunci s-ar nărui afirmaţia fundamentală din modelul Big Bangului, anume că spaţiul şi timpul au apărut printr-o explozie din nimic la Big Bang.

O problemă majoră, după cum recunosc Smolin şi alţi cosmologi, este că încă nu avem o teorie a gravitaţiei cuantice corespunzătoare.

gravitaţia cuantică Mult-aşteptata teorie cuantică a gravitaţiei, care ar unifica energia gravitaţională şi alte forme de energie într-un singur cadru teoretic cuantic.

teoria cuantică Teoria conform căreia energia este emisă şi absorbită de materie în cantităţi mici, discrete, numite cuante, fiecare dintre ele fiind legată de frecvenţa de radiaţie a energiei şi posedând astfel atât proprietăţi de particulă, cât şi proprietăţi de undă. A dus la crearea mecanicii cuantice. Termenul este folosit azi în sens larg cu referire la toate dezvoltările teoretice ulterioare.

Pg.84

Abhay Ashtekar face, cu toate acestea, declaraţia îndrăzneaţă că el şi colegii lui de la Penn State Institute for Gravitational Physics and Geometry sunt primii care au furnizat o descriere matematică solidă care stabileşte sistematic existenţa unui univers anterior care a ajuns

la colaps şi deduce proprietăţile unei geometrii a spaţiului-timp în acel univers. Ashtekar şi echipa sa folosesc o abordare numită *gravitaţie cuantică cu bucle*, prin care ar demonstra că, în locul clasicului Big Bang, a existat mai degrabă un ricoşeu cuantic care a produs de cealaltă parte un univers ca al nostru.

Ashtekar admite totuşi o limitare, anume supoziţiile că universul este omogen şi izotrop. „Este o aproximaţie făcută în cosmologie, deşi ştim că universul nu e exact aşa. Deci problema e cum să facem acest model din ce în ce mai realist. La asta se lucrează în permanenţă."[11]

Încă nu s-a luat o decizie asupra validităţii modelului matematic, dar, chiar dacă ar fi „dovedit", exigenţele ştiinţei reale cer dovezi empirice pentru a susţine orice demonstraţie matematică, şi nimeni n-a arătat până azi cum s-ar putea obţine astfel de dovezi.

COSMOLOGIA STĂRII CVASISTAŢIONARE

În 1993, Fred Hoyle, Geoffrey Burbidge şi Jayant Narlikar au modificat teoria stării staţionare în lumina noilor observaţii pentru a obţine ceea ce au numit cosmologia stării cvasistaţionare (CSCS). Aceasta susţine că, într-o perioadă generoasă de 1000 de miliarde de ani, universul se extinde într-o stare staţionară, dar face acest lucru urmând o succesiune de cicluri de expansiune şi contracţie de aproximativ 50 de miliarde de ani, în care contracţia nu ajunge niciodată la punctul zero, adică la singularitate.

Această echipă de astronomi şi astrofizicieni postulează că există un câmp universal de creaţie (câmpul C) care este responsabil pentru crearea continuă de materie şi pentru expansiunea universului. Câmpul C are energie negativă şi creează materie sub formă de particule Planck, cea mai masivă particulă elementară posibilă: orice particulă elementară cu o masă mai mare decât atât ar fi anihilată de propria forţă gravitaţională şi ar forma o gaură neagră[33].

Câmpul C este suficient de puternic pentru a produce particule Planck în apropierea unor obiecte foarte masive, dense şi compacte numite cvasigăuri negre (CGN) care există în centrul galaxiilor. Acestea se formează atunci când forţa în creştere a câmpului C împiedică obiectele cereşti în contracţie să ajungă la o rază de $2GM/c^2$, limită dincolo de care ar deveni găuri negre. În loc să se întâmple asta, obiectul care se contractă ajunge la o limită, după care îşi reîncepe expansiunea spre raza de CGN. Aici, câmpul C devine suficient de puternic pentru a crea particule Planck, care cântăresc aproximativ a suta mia parte dintr-un gram, în cadrul unui mini Big Bang non-singular, sau eveniment de creare de materie (ECM). Aceste particule Planck se descompun apoi într-o multitudine de particule mai mici, inclusiv barioni (precum protonii şi neutronii) şi leptoni

(precum electronii şi neutrinii), cu eliberare de radiaţie, pentru a forma materia din care evoluează galaxiile.

Câmpul C devine tot mai puternic pe măsură ce creează materie, producând astfel tot mai multă materie şi radiaţie. Cu toate acestea, energia negativă a câmpului C acţionează ca o forţă repulsivă care expulzează materia şi radiaţia create din CGN, care poate fi privită ca o „gaură albă“.

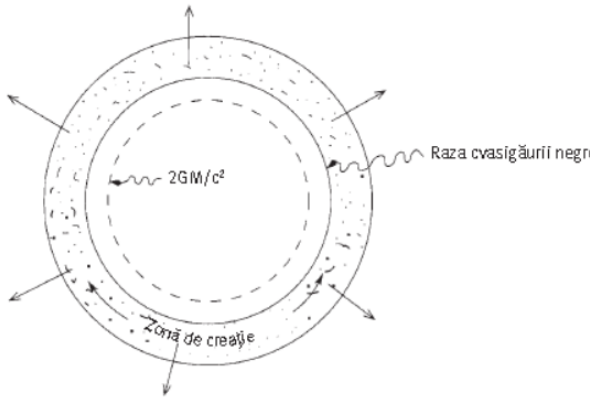


Figura 5.2 Crearea de materie într-o cvasigaură neagră (CGN) unde creşterea forţei câmpului C împiedică un obiect ceresc în contracţie să atingă o rază de $2GM/c^2$, limită dincolo de care ar deveni o gaură neagră.

În acest model al cosmologiei stării cvasistaţionare, constanta cosmologică este negativă, pe când în modelul ortodox ea are o valoare pozitivă. Astfel, materia şi radiaţia nou create se supun unor forţe opuse, atracţia gravitaţională şi constanta cosmologică, precum şi forţei repulsive exercitate de câmpul C. Iniţial, ultimul domină, iar materia şi radiaţia sunt expulzate cu viteză foarte mare din CGN, provocând expansiunea universului.

Pe măsură ce materia se extinde, densitatea scade, şi, odată cu ea, scade şi forţa câmpului C, până în punctul în care nu mai poate crea particule Planck. Atracţia gravitaţională şi constanta cosmologică ajung să domine, făcând universul să se contracte. Odată ce se contractă până la o densitate suficient de mare, câmpul C devine suficient de puternic pentru a crea din nou materie şi începe un nou ciclu.[12]

Pg.86

Atunci când baza teoretică a acestui model a fost contestată, Hoyle a amintit cu abilitate la o întâlnire a Societăţii Astronomice Regale de la Londra, din decembrie 1994, că ecuaţiile relevante ale cosmologiei stării cvasistaţionare sunt aceleaşi cu ecuaţiile corespunzătoare ale teoriei inflaţiei, dacă se înlocuieşte litera grecească Φ cu litera C.

Susţinătorii acestui model sugerează că cere o singură supoziţie, şi anume existenţa câmpului C; restul este derivat din observaţie şi explicat prin intermediul fizicii obişnuite, pe când modelul ortodox trebuie să invoce idei precum existenţa unei etape a gravitaţiei cuantice, un câmp de inflaţie, marile teorii unificate, materia întunecată, energie întunecată (ambele necunoscute) ş.a.m.d. pentru a păstra ideea Big Bangului şi a rămâne în concordanţă cu observaţiile.

Mai mult, în vreme ce Big Bangul se întâmplă o singură dată şi nu poate fi observat, ECM-urile au loc constant şi pot fi observate în jeturile de plasmă din surse radio, precum şi în exploziile de energie sub forma undelor radio, infraroşii, vizibile, ultraviolete şi gama emise din apropiere de centrul galaxiilor. (Cosmologia ortodoxă interpretează aceste observaţii ca fiind emisii ale cuasarilor pe măsură ce materia este absorbită într-o gaură neagră în centrul unor galaxii foarte îndepărtate şi, în consecinţă, foarte tinere - vezi p. 110).

Mai departe, susţinătorii acestui model spun că el oferă o explicaţie mai convingătoare pentru alte observaţii decât modelul ortodox. De exemplu, cosmologii ortodocşi acceptă teoria nucleosintezei stelare avansată de Hoyle şi colegii lui pentru a explica că toate elementele, în afară de litiu, sunt create de stele, dar consideră că numai modelul ortodox arată cum cantitatea de heliu produsă în mingea de foc a Big Bangului corespunde cantităţii pe care o observăm azi. Burbidge şi Hoyle au susţinut la rândul lor că este ilogic să crezi că heliul a fost produs într-un alt mod: toate elementele sunt create înăuntrul unor stele, iar cantitatea de heliu observată astăzi include heliul produs în intervalul de timp stipulat de modelul cosmologiei stării cvasistaţionare, mult mai mare decât cei 13,7 miliarde de ani ai universului stipulaţi (atunci) de cosmologia ortodoxă.

Pg.87

În plus, calculele arată că termalizarea energiei radiate prin producţia stelară de heliu produce aproape cu exactitate temperatura de corp negru a radiaţiei cosmice de fond, 2,73 K, pe care o observăm astăzi[34]. Termalizarea se obţine prin absorbţia acestei energii radiate şi prin emisii la lungimi de undă milimetrice ale particulelor de fier existente în mediul intergalactic. Aceste particule de fier sunt produse de exploziile supernovelor care împrăştie atomi de fier sub formă de vapori răciţi apoi şi condensaţi sub formă de ace (mai degrabă decât mingi) minuscule, după cum s-a demonstrat experimental. Aceste particule de fier devin un mediu efectiv de absorbţie şi emisie de radiaţie la lungimi de undă milimetrice.

Existenţa particulelor de fier este dovedită de radiaţia emisă de pulsarul Crabului, care prezintă o spărtură în spectrul său la lungimi de undă milimetrice; cosmologia stării cvasistaţionare pune acest lucru pe seama absorbirii radiaţiei de către particulele de fier produse

de Supernova Crabului în urma căreia s-a format pulsarul Crabului. O spărtură asemănătoare apare în spectrul de radiaţii emise din centrul galaxiei noastre, unde, se presupune, activitatea supernovelor este intensă.

Acest model explică felul în care neomogenităţile la scară mică din radiaţia cosmică de fond reflectă neomogenităţile din distribuţia roiurilor galactice în faza de contracţie minimă din ciclul precedent.

În vreme ce cosmologia ortodoxă trebuie să invoce o schimbare arbitrară în valoarea pozitivă a constantei sale cosmologice pentru a explica supernovele de tip 1a cu deplasare spre roşu, în modelul CSCS valoarea negativă a constantei cosmologice rămâne aceeaşi; aceste supernove apar mai palide decât ne-am aştepta pentru că lumina lor este absorbită parţial de particulele de fier.

Narlikar şi Burbidge au susţinut că observaţiile astronomice vor putea să arate care model cosmologic reflectă realitatea. CSCS prezice existenţa unor obiecte palide cu reflexe albăstrii, care sunt surse de lumină din ciclul anterior, când universul era mai mare decât este acum; modelul ortodox nu prezice existenţa unor astfel de obiecte.

CSCS prezice de asemenea existenţa unor galaxii foarte tinere formate din materia expulzată de câmpul C în cadrul evenimentelor de creare de materie care au loc relativ aproape de noi, în vreme ce modelul Big Bang susţine că galaxiile foarte tinere sunt în mod obligatoriu foarte îndepărtate, pentru că s-au format la începuturile universului. Narlikar şi Burbidge au susţinut că observaţiile astronomice sprijină predicţiile CSCS. Totuşi, asta depinde de felul în care este interpretată deplasarea spre roşu[35].

CSCS prezice, de asemenea, existenţa unor stele foarte bătrâne care s-au format în ciclurile anterioare. De exemplu, o stea cu o jumătate din masa solară, care s-a format acum 40-50 de miliarde de ani, ar trebui să fie astăzi o gigantă roşie. Astfel, dacă vor fi detectate gigante roşii de masă mică, va fi o confirmare pentru CSCS. În schimb, modelul ortodox susţine că nu se poate să fi existat vreun tip de materie înainte de Big Bang, care a avut loc acum 13,7 miliarde de ani.

Pg.88

Narkilar şi Burbidge s-au plâns că susţinătorilor CSCS li se refuză accesul la telescoape, de pildă la telescopul Hubble, pentru a-şi testa conjecturile; astronomii care susţin modelul ortodox monopolizează aceste instrumente, ceea ce contravine cercetării ştiinţifice libere.

Cei care susţin modelul cosmologic ortodox resping MSCS. Ned Wright, profesorul de astronomie la UCLA şi cercetător în cadrul proiectelor COBE şi WMAP, afirmă că modelul MSCS este incompatibil cu datele observaţionale, în special cu înregistrarea unor surse radio de intensitate mare, şi susţine că pretenţiile acestuia de a fi coerent cu

datele despre radiaţia cosmică de fond sunt false. Mai mult, spune că lucrarea din 2002 în care se afirmă că CSCS oferă explicaţii mai bune pentru datele despre supernovele de tip 1a ar cere ca universul să aibă o opacitate optică ridicată, pe când o lucrare din acelaşi an care se pretinde la rându-i conformă cu anizotropia RCF ar cere, dimpotrivă, o opacitate scăzută a universului. „Aceste articole au fost trimise la reviste diferite şi se citează unul pe altul prezentându-se reciproc ca mostre de succes în materie de calcul al CSCS, dar de fapt se contrazic unul pe altul. Probabil că e o încercare deliberată de a-i păcăli pe cititorii obişnuiţi."[13]

Atacul inutil care face referire la o presupusă tentativă de înşelăciune din partea lui Narlikar şi Burbidge reflectă, din păcate, o atitudine mult prea des întâlnită la partizanii diferitelor modele cosmologice. Fără doar şi poate, aceste acuze vor continua atât timp cât vor trăi cei implicaţi. Poate că nu foarte mult. Fred Hoyle a murit în 2001, iar Geoffrey Burbidge în 2010, Halton Arp s-a născut în 1927, iar Jayant Narlikar, în 1938. Tinerele generaţii de cosmologi au fost educate conform modelului ortodox şi, pentru vasta lor majoritate, cercetarea alternativă nu este o opţiune pentru a ajunge la o carieră academică în cosmologie.

COSMOLOGIA PLASMEI

În cartea sa din 1991, *The Big Bang Never Happened*, Eric Lerner, specialist în fizica plasmei, a strâns la un loc mai multe dovezi observaţionale care contrazic modelul cosmologiei ortodoxe. Acest model, susţine el, nu este decât un nou ambalaj pentru vechiul mit al creaţiei din nimic, care contrazice una dintre legile fizicii cel mai bine verificate: principiul conservării energiei. În plus, pentru ca modelul matematic să fie în concordanţă cu observaţiile, este nevoie de trei conjecturi majore - un câmp de inflaţie, materia întunecată şi energia întunecată -, care nu au nici un fel de bază empirică.

Plecând de la cercetările lui Hannes Alfven, specialist în fizica plasmei şi laureat al Premiului Nobel, Lerner a propus o cosmologie care, crede el, explică observaţiile astronomice făcute pe baza fizicii plasmei şi gravitaţiei, ambele demonstrate empiric. El presupune, la fel ca susţinătorii modelului ortodox, că universul are o geometrie euclidiană (sau plată) - de felul celei cu care suntem obişnuiţi, vezi figura 3.2 -, dar nu are nici un început şi nici un sfârşit şi nici nu se extinde.

Conform lui Lerner, în acest univers care nu se extinde, teoria filamentării plasmei prezice apariţia unor stele de masă intermediară în timpul formării galaxiilor şi, de asemenea, abundenţa observată a elementelor uşoare. Structurile la scară mare, precum galaxiile,

roiurile şi superroiurile se formează pornind de la filamente vortexoide constrânse magnetic; din moment ce această conjectură nu propune un început pentru univers, nu există o limită pentru timpul în care structurile la scară mare ar putea apărea din plasma iniţial dezorganizată.

Radiaţia emisă de generaţiile timpurii de stele furnizează energia necesară pentru RCF. Această energie este termalizată şi izotropizată de o aglomerare de filamente de plasmă dense, constrânse magnetic, care umplu mediul intergalactic. Această explicaţie se potriveşte riguros cu spectrul RCF şi prezice absorbţia undelor radio observată. În plus, concordanţa cu anizotropia radiaţiei cosmice de fond, care contrazice modelul cosmologiei ortodoxe, se explică prin densitatea de filamente care este mai mare local de-a lungul axei superroiului local şi mai mică în unghi drept faţă de această axă.[14]

Mulţi susţinători ai modelului cosmologic ortodox afirmă că Lerner nu este un om de ştiinţă serios, părere care, presupun, se bazează, în mare măsură, pe faptul că nu aparţine mediului academic. Este preşedintele Lawrenceville Plasma Physics Inc. (care se ocupă cu cercetarea în domeniul energiei de fuziune), membru al Institute of Electrical and Electronic Engineers, al American Physical Society şi al American Astronomical Society şi a publicat peste 600 de articole. Dovezile pe care le citează el includ multe articole ale unor astronomi din lumea academică, iar în 2014 a scris un articol împreună cu doi astfel de astronomi în care compară mărimea şi strălucirea a circa o mie de galaxii, unele aflate foarte aproape, altele foarte departe.[15] El susţine că aceste date nu se potrivesc cu strălucirea de suprafaţă prezisă de un univers în expansiune, dar sunt în concordanţă cu un univers care nu se extinde.

Ceea ce poate fi numit modelul de univers static evolutiv al cosmologiei plasmei propune ipoteza unui univers etern şi, spre deosebire de CSCS, nu necesită crearea materiei din nimic. Explică evoluţia observată a universului ca interacţiune a forţelor fizice cunoscute: electromagnetismul, gravitaţia şi reacţiile nucleare din interiorul stelelor şi prin intermediul razelor cosmice. Totuşi, în stadiul actual de elaborare, nu explică ce anume a cauzat existenţa plasmei iniţial dezordonate a unui univers etern şi ce anume a făcut ca aceste forţe fizice cunoscute să existe şi să interacţioneze în aşa fel încât să ducă la apariţia unor stări tot mai ordonate şi mai complexe ale materiei.

CHINTESENŢA

Paul Steinhardt, profesor Albert Einstein de Ştiinţe la Universitatea Princeton, este un alt cosmolog dispus să gândească în afara graniţelor

ortodoxiei. În loc să folosească o constantă arbitrară, Lambda, cu o valoare diferită atât de cea de care s-a dezis Einstein, cât şi de cea pe care inflaţioniştii au introdus-o pentru foarte scurt timp, Steinhardt a propus ipoteza că energia întunecată invocată drept cauză pentru aparenta creştere a ratei de expansiune a universului este, de fapt, o nouă componentă a universului.

Cum cosmologii crezuseră înainte că evoluţia universului a fost determinată de patru componente - barioni, leptoni, fotoni şi materie întunecată[36] Steinhardt a numit această a cincea componentă chintesenţă, plecând de la faptul că grecii credeau într-un al cincilea element, cel mai înalt, din care era alcătuită bolta cerească şi care era diferit de cele patru elemente de bază: pământul, aerul, focul şi apa.

Principala diferenţă faţă de Lambda stă în faptul că, în vreme ce constanta cosmologică are aceeaşi valoare peste tot în spaţiu şi este inertă, densitatea chintesenţei descreşte încet în timp, iar distribuţia ei în spaţiu nu este uniformă.

Cosmologii ortodocşi au criticat chintesenţa, spunând că observaţiile de până acum nu arată dovezi ale variaţiei în timp şi spaţiu a energiei întunecate. Asta exclude anumite modele ale chintesenţei, dar, conform lui Steinhardt, permite totuşi un spectru larg de posibilităţi.[16]

Un nou model care elimină o constantă Lambda arbitrară, mai mică cu cincizeci de ordine de mărime decât constanta Lambda din modelul inflaţionar ar fi mai elegant. Cu toate acestea, la fel ca modelul ortodox, modelele chintesenţei nu reuşesc să explice de unde vine această energie întunecată variabilă.

Steinhardt şi alţii au dezvoltat ulterior un model alternativ al universului care ar trebui să furnizeze o asemenea explicaţie. Îl voi discuta în cele ce urmează.

UNIVERSUL EKPYROTIC CICLIC[37]

Modelul cosmologic ortodox se bazează pe teoria M, cea mai recentă versiune a teoriei corzilor, care susţine că tot ce există în univers se reduce la corzi infinitezimale de energie. Masele diferite şi alte proprietăţi atât ale particulelor fundamentale - electroni, neutrini, cuarci ş.a.m.d. -, cât şi ale particulelor asociate celor patru forţe ale naturii - forţa nucleară tare şi slabă, elecromagnetismul şi gravitaţia - reflectă pur şi simplu diferitele moduri în care aceste corzi minuscule şi unidimensionale pot vibra.

Teoria M permite corzilor să se extindă, iar o coardă extinsă poartă numele de „brană“ (prescurtare de la membrană); aceste brane pot avea 0, 1, 2, 3 sau oricâte dimensiuni. Cu suficientă energie, o brană poate creşte la dimensiuni uriaşe, poate chiar cât întregul univers.

În 1999, Steinhardt şi Neil Turok, pe atunci profesor de fizică matematică la Universitatea Cambridge, a participat la o conferinţă Cambridge la care Burt Ovrut, teoretician al corzilor de la Universitatea din Pennsylvania, a sugerat că universul nostru constă în trei dimensiuni spaţiale mari şi observabile (înălţimea, lăţimea şi lungimea) pe o brană, plus şase dimensiuni spaţiale încolăcite, prea mici pentru a fi observate, la care se adaugă o a zecea dimensiune spaţială - o linie finită - care desparte brana acestui univers de brana altui univers, care are, la rândul lui, trei dimensiuni spaţiale mari şi şase dimensiuni încolăcite. Pentru că celălalt univers ocupă alte dimensiuni, el este ascuns percepţiei noastre. S-a pus de aceea întrebarea cum pot interacţiona două astfel de universuri.

Steinhardt şi Turok au ajuns la concluzia că, dacă cea de-a zecea dimensiune spaţială care separă două astfel de universuri s-ar contracta la zero, interacţiunea ar declanşa o energie enormă, asemănătoare cu cea declanşată la Big Bang; mai mult, scenariul a două universuri care se ciocnesc ar putea oferi răspunsuri la unele dintre problemele modelului inflaţionar al Big Bangului propus de cosmologia ortodoxă. Cei trei, laolaltă cu Justin Khoury, unul dintre studenţii lui Steinhardt, au dezvoltat ulterior modelul universului ekpyrotic, termen care provine din cuvântul grecesc care înseamnă „ieşit din foc“ şi se referă la o cosmologie stoică ce susţinea că universul trece printr-un ciclu nesfârşit de naşteri incandescente, răciri şi renaşteri.

Modelul ekpyrotic a întâmpinat probleme, iar Steinhardt şi Turok l-au ajustat pentru a produce o versiune ciclică având un scop ambiţios: să explice „întreaga istorie a universului, trecut şi viitor, într-o abordare eficientă şi unificată"[17]. Aceasta avea la bază trei idei:

a. Big Bangul nu este începutul timpului, ci trecerea de la o fază evolutivă anterioară la o nouă fază.

b. Evoluţia universului este ciclică.

c. Evenimentele-cheie care au modelat structura universului au apărut în timpul unei faze de contracţie lentă a celei de-a zecea dimensiuni înainte de Explozie mai degrabă decât în timpul unei perioade inflaţionare de expansiune extrem de scurte după Explozie.

În construirea modelului lor matematic au făcut trei supoziţii. Primele două sunt după cum urmează:

1. Teoria M este validă. În special, particulele observabile din universul nostru - fotoni, electroni etc. - sunt dispuse pe brana noastră; orice particule care sunt dispuse pe brana altui univers pot interacţiona în mod gravitaţional cu particule de pe brana noastră, dar nu şi în mod electromagnetic sau în alte

feluri.

2. Cele două brane sunt atrase una spre cealaltă de o forţă de tip resort care este foarte slabă atunci când cele două brane se află la mai multe distanţe Planck depărtare (o distanţă care este în continuare incredibil de mică), aşa cum se întâmplă în faza actuală a evoluţiei universului, dar care devine tot mai puternică odată cu apropierea celor două brane.

Figura 5.3 ilustrează ciclul.

„Te afli aici“ arată stadiul curent al ciclului (brana din dreapta este o reprezentare bidimensională a celor trei dimensiuni observabile ale universului nostru). Energia întunecată dinamică (chintesenţa) creşte rata de expansiune a universului în aşa fel încât, în următorii o mie de miliarde de ani, întreaga materie şi întreaga radiaţie sunt diluate exponenţial până când densitatea medie a materiei devine mai mică decât un singur electron per un milion de miliarde de ani-lumină cubici: de fapt, fiecare brană este aproape un vid perfect şi este aproape perfect plată.

În acest punct, forţa de atracţie dintre brane preia controlul. Pe măsură ce aduce cele două brane tot mai aproape una de alta, intensitatea ei creşte, reducând expansiunea accelerată a fiecărei brane. Nu există contracţie a celor trei dimensiuni mari ale fiecărei brane, ci numai a celei de-a zecea dimensiuni suplimentare dintre ele (o linie). Deşi fiecare brană este un vid aproape perfect, fiecare posedă o imensă energie de vid. Pe măsură ce se apropie una de alta, efectele cuantice fac ca branele, care sunt plate, să se onduleze înainte să intre în contact şi să explodeze cu o eliberare uriaşă de energie care este, practic, Big Bangul; cele două brane vor ricoşa cu putere una din alta, ajungând aproape instantaneu la separaţia maximă posibilă. Din moment ce contactul se petrece mai întâi între vârfurile ondulate, explozia de energie nu este perfect omogenă: punctele fierbinţi vor corespunde vârfurilor ondulate, iar punctele reci, depresiunilor. Pe măsură ce mingea fierbinte de energie eliberată din fiecare brană se extinde şi se răceşte, materia se condensează în afara punctelor fierbinţi şi evoluează în roiuri galactice, în vreme ce punctele reci formează spaţiile vide intermediare.

Fiecare brană se extinde într-un ritm descrescător, ca în modelul Big Bangului, până când densitatea sa de energie scade suficient pentru ca densitatea de energie potenţială pozitivă dintre brane să domine. Această densitate acţionează ca o sursă de energie întunecată care accelerează expansiunea branelor - ajungem de unde am plecat - şi, astfel, ciclul continuă.

Spre deosebire de ciclurile lui Tolman, aici nu există materie reciclată, iar entropia nu creşte de fiecare dată; ciclurile ekpyrotice

care durează mii de miliarde de ani se repetă la nesfârşit.

Este necesară şi o a treia supoziţie pentru ca acest model să funcţioneze:

3. Branele supravieţuiesc ciocnirii. Această ciocnire este o singularitate, în sensul că o dimensiune dispare pentru un moment, dar celelalte dimensiuni există mai departe, în timpul ciocnirii şi după ea.

Steinhardt şi Turok pretind că modelul lor matematic are toate avantajele modelului inflaţionar ortodox al Big Bangului, prin aceea că prezice producerea elementelor în proporţia cunoscută astăzi, un univers observabil care este aproape omogen, dar cu suficiente neomogenităţi cât să se formeze roiuri galactice prin atracţia gravitaţională a materiei şi fluctuaţiile observate în radiaţia cosmică de fond, altminteri izotropă.

Se adaugă, spun ei, şi avantajul parcimoniei: acest model necesită cele mai puţine modificări faţă de modelul standard al Big Bangului pentru a se potrivi cu observaţiile. Ondulaţiile materiei şi energia radiaţiei nu provin din adăugarea unui fenomen de inflaţie, care ar cere o constantă cosmologică de valoare arbitrară, ci mai degrabă ele sunt înscrise de la bun început în eliberarea de energie care se produce odată cu ondularea branelor, pe măsură ce branele reci şi vide se apropie înainte de a intra în contact. În acest model, energia întunecată nu este reapariţia inexplicabilă a constantei cosmologice cu o valoare considerabil mai mică; mai degrabă, în calitate de chintesenţă care evoluează dinamic, ea joacă un rol fundamental pe parcursul fiecărui ciclu. Nu se pune problema singularităţii, pentru că temperatura şi densitatea nu ajung să fie infinite în tranziţia de la ciocnirea branelor la Big Bang.

Pg.94

În plus, modelul răspunde la întrebarea cum anume spaţiul şi timpul ar putea să fi început la Big Bang. Aceste dimensiuni nu au un început. Din perspectiva universului nostru cu trei dimensiuni spaţiale şi o dimensiune temporală, ele par să înceapă, dar, în megaversul alcătuit din zece dimensiuni spaţiale în care este plasată brana universului nostru observabil cu trei dimensiuni, spaţiul este infinit, iar timpul este continuu: ciclurile se desfăşoară la infinit.

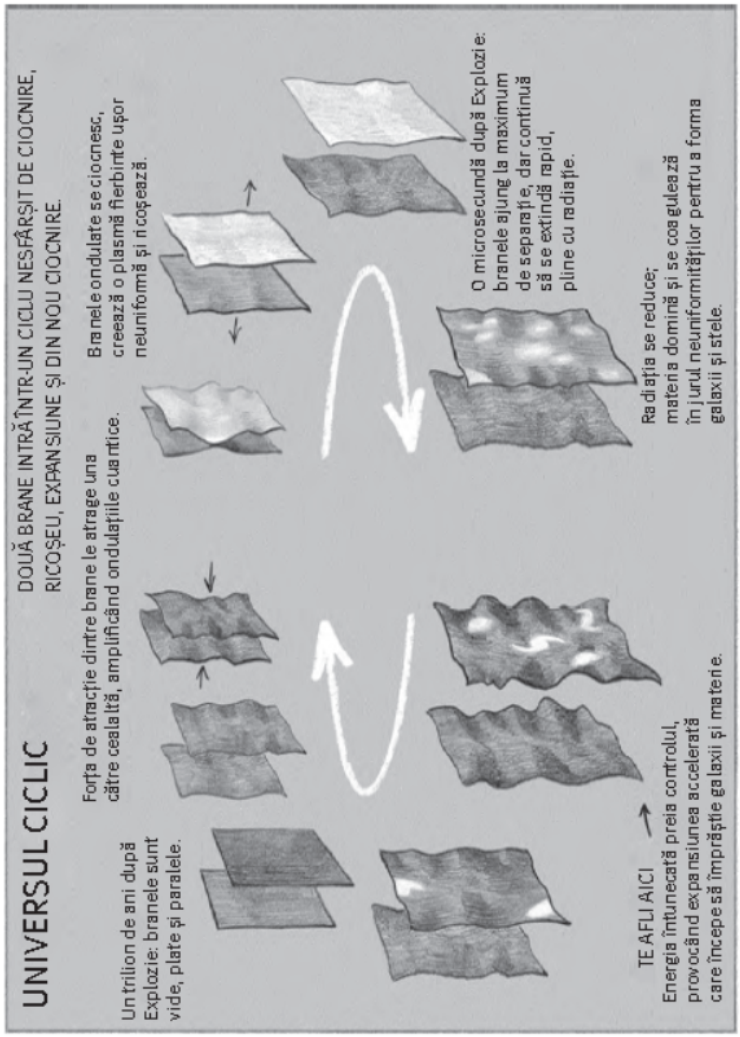

UNIVERSUL CICLIC
DOUĂ BRANE INTRĂ ÎNTR-UN CICLU NESFÂRȘIT DE CIOCNIRE, RICOȘEU, EXPANSIUNE ȘI DIN NOU CIOCNIRE.
Un trilion de ani după Explozie: branele sunt vide, plate și paralele.
Forța de atracție dintre brane le atrage una către cealaltă, amplificând ondulațiile cuantice.
Branele ondulate se ciocnesc, creează o plasmă fierbinte ușor neuniformă și ricoșează.
O microsecundă după Explozie: branele ajung la maximum de separație, dar continuă să se extindă rapid, pline cu radiație.
Radiația se reduce; materia domină și se coagulează în jurul neuniformităților pentru a forma galaxii și stele.
TE AFLI AICI
Energia întunecată preia controlul, provocând expansiunea accelerată care începe să împrăștie galaxii și materie.

Figura 53 Universul ekpyrotic ciclic.

Pg.95

Reacţia la această ipoteză care aparent rezolvă atâtea probleme este revelatoare, mai ales ţinând cont că Steinhardt dezvoltase un model inflaţionar timpuriu[38]. La o conferinţă, Andrei Linde, unul dintre fondatorii conjecturii inflaţionare pe care modelul ekpyrotic o pune în discuţie, a desenat o caricatură a unui important grafic în formă de U folosit de Turok, pe care l-a barat cu o linie. În 2006, la o conferinţă a Academiei Naţionale de Ştiinţe a SUA, Alan Guth, un alt fondator al conjecturii inflaţionare, a răspuns la prezentarea lui Turok arătând o imagine cu o maimuţă.[18] Cred că toate acestea nu se înscriu în limitele unei dezbateri civilizate.

Încercând să demonstreze că modelul ekpyrotic ciclic al universului este eronat, alţi teoreticieni susţin că cea de-a treia supoziţie nu este validă: atunci când branele se ating, dimensiunea

suplimentară care separă cele două brane, oricum foarte mică, ajunge la zero, se produce o singularitate, iar legile fizicii nu mai funcţionează, exact cum se întâmplă în modelul de bază al Big Bangului.

Steinhardt contraargumentează că nu se produce o singularitate, din pricina condiţiilor speciale care apar atunci când se ating branele, în timp ce alţi teoreticieni susţin că branele ricoşează înainte să se ciocnească, evitându-se astfel singularitatea.[19]

În acest moment, este imposibil de stabilit pe baze matematice sau de alt fel cine are dreptate, la fel cum este imposibil de stabilit dacă există sau nu o singularitate în modelul de bază al Big Bangului.

Modelul universului ekpyrotic ciclic trebuie să răspundă la cinci întrebări dacă vrea să-şi atingă scopul ambiţios de a explica întreaga istorie a universului într-o abordare eficientă şi unificată.

În primul rând, energia se conservă? Materia şi energia de radiaţie produse prin ciocnirea celor două brane - din care una formează universul pe care-l vedem acum - nu se transformă în nimic. La sfârşitul ciclului, rămân în brana lor, deşi reduse în asemenea măsură încât constituenţii lor sunt dincolo de orizontul de contact al fiecărei brane. În următorul ciclu, ciocnirea branelor produce din nou masă-energie, care este exponenţial mai mare decât cea produsă în ciclul anterior.

Pg.96

În opinia lui Steinhardt şi Turok, nu se încalcă astfel principiul conservării energiei. Ca şi alte conjecturi concurente, în afară de cosmologia plasmei, modelul universului ekpyrotic ciclic pare să funcţioneze pe baza gravitaţiei: energia necesară pentru a produce continuu materie şi energie de radiaţie, pe lângă energia cinetică pozitivă necesară pentru expansiunea acestei materii aproape infinit de dense în ciuda atracţiei gravitaţionale a componentelor sale, vine din câmpul de energie gravitaţională negativă care creşte odată cu fiecare ciclu. Am evaluat validitatea acestei teorii atunci când am discutat despre energia netă zero a universului în capitolul 4[39]. Aceasta depinde de supoziţia că universul a fost creat din nimic; presupune, de asemenea, că gravitaţia este o sursă infinită de energie.

În al doilea rând, modelul ekpyrotic ciclic descrie oare un univers etern? Pare să descrie un astfel de univers, cu condiţia să facem alte două supoziţii:

4. Cele trei dimensiuni spaţiale observabile pot să se extindă, să stagneze şi să se extindă din nou în ciclul următor, fără vreo limită de distanţă.
5. Nu există o limită a numărului de cicluri.

Ecuaţiile permit aceste supoziţii. Totuşi, asta înseamnă să extrapolezi fizica bazată pe dovezi nu doar dincolo de ceea ce este

testabil, ci la infinit; de aceea, modelul nu se mai încadrează în domeniul ştiinţei, ci în domeniul conjecturii filozofice.

În plus, cea de-a patra şi cea de-a cincea supoziţie ridică întrebarea ce se întâmplă dacă derulăm ciclurile înapoi până la punctul de unde a început expansiunea. În 2004, Steinhardt şi Turok au sugerat că „ipoteza cea mai probabilă este că ciclurile de expansiune au fost precedate de un început singular"[20], deşi Steinhardt a spus mai târziu că ar retrage cuvintele „cea mai probabilă“, pentru că argumentele pe care le folosise erau eronate; dacă acest model prezintă cu adevărat un univers etern rămâne o întrebare deschisă.[21] Totuşi, trebuie să admitem că universul nu poate fi etern, din moment ce îşi măreşte dimensiunile cu fiecare ciclu. În aceste condiţii, dacă dăm ceasul înapoi vom ajunge la punctul în care întinderea lui era infinit de mică, adică la o singularitate iniţială.

Dacă a existat totuşi un început singular, Steinhardt şi Turok iau în considerare un efect de „tunelare din nimic“, o cale cuantică pentru crearea spaţiului, timpului, materiei şi energiei dintr-odată.[22] Acest fenomen depinde însă de existenţa anterioară a unui câmp cuantic, care nu poate fi numit nimic.

A treia întrebare este: ce natură are forţa de tip resort care acţionează între brane de-a lungul celei de-a zecea dimensiuni ipotetice şi cum anume poate fi ea testată? Nu avem nici o informaţie în această privinţă.

Pg.97

A patra întrebare este: de ce ar trebui două brane să se afle atât de aproape una de cealaltă şi să fie paralele? Aceasta este o necesitate matematică cerută de teoria M, în care cea de-a zecea dimensiune spaţială este o linie ce uneşte două brane şi a cărei existenţă e necesară ca să avem particule cu spin diferit. De fapt, cele două brane împărtăşesc această dimensiune. De aici rezultă că universurile n-ar exista decât în perechi. Dar de ce ar sta lucrurile aşa? Singura explicaţie ar fi că teoria M trebuie să se potrivească cu dovezile care arată că există particule cu spin diferit. În principiu, această a zecea dimensiune sub formă de linie nu are o limită de lungime; în practică însă, ea nu poate să depăşească un milimetru, pentru că altfel teoria M ar produce efecte gravitaţionale neconcordante cu ceea ce observăm. Witten şi Horava au sugerat că, pentru a avea o teorie M concordantă cu observaţiile, dimensiunea suplimentară ar trebui să fie de aproximativ 10.000 de lungimi Planck (10^{-28} cm), iar aceasta este chiar lungimea pe care Steinhardt şi Turok au preluat-o ca ipoteză de lucru. Ei susţin de asemenea că cele două brane sunt paralele pentru că o contopire a lor ar cere o energie mult prea mare, iar ciclurile repetate menţin paralelismul.[23]

Aşadar, răspunsurile la a patra întrebare depinde de răspunsul la o

a cincea: este teoria M validă? Mă voi ocupa de această întrebare peste încă un capitol.

Steinhardt şi Turok au susţinut de atunci că modelul lor nu se bazează pe teoria M. Modelul funcţionează dacă înlăturăm cele şase dimensiuni spaţiale încolăcite, prea mici pentru a fi observate, şi o înlocuim pe cea de-a zecea (distanţa dintre brane în teoria M) cu un câmp scalar care joacă acelaşi rol. Aşa se ajunge la un model matematic cu nimic mai puţin exotic decât modelele inflaţionare.[24] Pe de altă parte, acesta nu este cu nimic mai testabil decât numeroasele modele inflaţionare bazate pe un câmp scalar la fel de arbitrar.

PEISAJUL DE POSIBILITĂŢI AL TEORIEI CORZILOR

O altă conjectură a apărut pornind de la teoria corzilor. Leonard Susskind afirmă că nu există nici un motiv pentru a constrânge corzile de energie fundamentală să vibreze doar în moduri care să ducă la producerea acelor particule şi forţe pe care le observăm. În multitudinea de universuri diferite, corzile vibrează în diverse moduri pentru a produce o multitudine de particule şi forţe diferite şi, prin urmare, o multitudine de legi fizice diferite, de constante cosmologice diferite ş.a.m.d. Susskind a numit asta „peisajul de posibilităţi" al teoriei corzilor[40][25].

Pg.98

Astfel s-ar rezolva problema reglajului fin al parametrilor cosmologici: de ce universul nostru are exact aceşti parametri, când ar putea fi altfel? Peisajul de posibilităţi al teoriei corzilor ne arată că nu există nimic special în privinţa universului nostru. Se întâmplă doar să ne aflăm într-un univers în care corzile vibrează în aşa fel încât conduc exact la legile fizice şi la particulele pe care le observăm. În multitudinea de alte universuri toate acestea sunt diferite.

PROBLEME ALE TEORIEI CORZILOR

O teorie care unifică particulele şi forţele fundamentale, inclusiv gravitaţia, teoria cuantică şi teoria relativităţii, este Sfântul Graal al fizicii. Teoria corzilor pretinde că face exact acest lucru înlocuind cele 61 de particule „fundamentale" din modelul standard al fizicii particulelor şi încorporând gravitaţia. De aceea, această teorie a atras multe minţi strălucite din domeniul fizicii teoretice, nu doar fiindcă e atrăgătoare din punct de vedere conceptual, ci şi datorită eleganţei sale matematice. De asemenea, a părut să deschidă o nouă eră în fizică - o conferinţă Harvard despre corzi a fost numită Seminarul de fizică postmodernă -, o eră în care susţinătorii săi sunt atât de convinşi că trebuie să fie adevărată, încât se dispensează de criteriul testabilităţii prin observaţie sau experiment şi caută numai dovezi matematice.

Dar asta ridică o întrebare cu care ne-am mai întâlnit: putem spune

că diversele modele matematice ale acestei teorii - dintre care unele pot folosi mai multe sau mai puţine dimensiuni decât cele trei dimensiuni spaţiale şi unica dimensiune temporală pe care le percepem - constituie o teorie ştiinţifică? După părerea multor teoreticieni respectaţi - printre care Sheldon Glashow, laureat al Premiului Nobel pentru Fizică, Sir Roger Penrose, cosmolog matematician, şi Lee Smolin, fizician teoretician, fost susţinător al teoriei corzilor -, răspunsul este nu. Iată aici principalele motive pentru acest răspuns.

Inadecvarea teoriei

Versiunile iniţiale ale teoriei corzilor cereau 25 de dimensiuni spaţiale, o particulă care se deplasează mai repede decât lumina şi particule care nu pot fi aduse în stare de repaus.[26] Aceste diferenţe în raport cu lumea pe care o observăm pot constitui, pe bună dreptate, o problemă reală pentru teorie.

Confruntându-se cu scepticismul numelor importante din fizica teoretică, pionierii teoriei corzilor au dezvoltat-o între 1970 şi 1984, atunci când John Schwarz şi Michael Green l-au convins pe Ed Witten, un fizician matematician de elită, că o teorie a corzilor care foloseşte nouă dimensiuni spaţiale, plus supersimetria - de aici denumirea de „supercorzi“ - este un bun candidat pentru o teorie unificată a tuturor lucrurilor. Teoria supercorzilor a devenit dintr-odată cel mai atractiv joc din domeniul fizicii teoretice.

Pg.99

Au apărut însă cinci teorii matematice coerente ale corzilor, fiecare dintre ele susţinând existenţa a zece dimensiuni: una temporală, cele trei dimensiuni spaţiale pe care le observăm, plus alte şase dimensiuni spaţiale încolăcite, prea mici pentru a fi observate. Dar anumite simetrii dădeau de înţeles că teoriile corzilor nu puteau explica existenţa particulelor de materie, precum electronii şi neutrinii, cu proprietăţi de spin de stânga sau de dreapta (cunoscute drept chiralitate), aşa cum cerea teoria cuantică. În plus, existenţa a cinci teorii diferite însemna că ceva nu e în regulă. Treptat, teoria corzilor s-a demodat.

Witten a „rezolvat" această a doua problemă în 1995, când a afirmat că cele cinci teorii ar putea fi unificate de o teorie M mai largă dacă s-ar adăuga o a unsprezecea dimensiune. Aceasta permite corzilor să se extindă într-o brană, care poate avea oricâte dimensiuni[41]. Nu există condiţii de simetrie, ceea ce permite unei brane să cuprindă un univers care conţine particule cu proprietăţi de spin de stânga şi de dreapta. Astfel, teoria corzilor a ajuns iarăşi la modă.

Totuşi, nici Witten şi nici alţii nu au formulat încă o astfel de teorie

M mai largă. După cum a spus, cu obişnuita-i francheţe, João Magueijo, pe-atunci profesor de fizică la Imperial College London, „oamenii care susţin teoria M spun [că toate aceste teorii ale corzilor şi membranelor au fost unificate într-o singură construcţie, teoria M] cu o asemenea fervoare religioasă, încât lumea uită adesea că o astfel de teorie nici măcar nu există. Este doar o expresie care se referă la o teorie ipotetică pe care nimeni nu ştie însă cum s-o construiască."[27] Chiar şi David Gross, laureat al Premiului Nobel, teoretician de frunte al corzilor şi fostul mentor al lui Witten, recunoaşte că „suntem încă foarte departe de a înţelege ce este teoria corzilor"[28].

Teoria s-a confruntat cu o a treia problemă semnificativă în 1998, când cei mai mulţi cosmologi au interpretat lipsa de strălucire a supernovelor de tip 1a cu puternică deplasare spre roşu ca o dovadă că expansiunea universului a început să se accelereze cam după 10 miliarde de ani, iar pentru asta trebuia să fie introdusă în modelul matematic ortodox o constantă cosmologică pozitivă[42]. Nu numai că teoriile revizuite ale supercorzilor nu preziseseră asta, dar una dintre puţinele lor concluzii de la acea vreme era că o eventuală constantă cosmologică ar putea fi doar nulă sau negativă. Witten a admis în 2001: „Nu cunosc nici o metodă precisă de a obţine spaţiul de Sitter [un univers cu o constantă cosmologică pozitivă] dintr-o teorie a corzilor sau din teoria M.“[29]

Pg.100

Un grup de teoreticieni de la Stanford au „rezolvat" această a treia problemă la începutul anului 2003, când au produs o altă versiune, în care, printre altele, au permis teoretic înfăşurarea unor antibrane în jurul celor şase dimensiuni încolăcite neobservabile şi au ales anumite valori ale parametrilor pentru a produce o constantă cosmologică pozitivă.

Totuşi, această abordare duce la concluzia că ar putea exista 10^{500}, dacă nu o infinitate, de teorii ale corzilor. Susskind a fost de acord că „speranţa unora că la un moment dat va apărea o soluţie matematică unică [din acest peisaj de teorii ale corzilor] este bazată pe credinţă în aceeaşi măsură ca ipoteza proiectului inteligent"[30]. Astfel, el plasează conjectura cu privire la teoria M în domeniul credinţei, nu al ştiinţei. Cât despre teoria supercorzilor, dacă există un număr infinit de versiuni, atunci nici o versiune anume nu poate fi falsificată, nereuşind astfel să treacă testul care, după Popper, desparte ceea ce este ipoteză ştiinţifică de ceea ce nu este aşa.

Scriind în 2003, Dan Friedan, teoretician al corzilor începând cu 1985, a conchis: „În stadiul în care se află acum, teoria corzilor nu poate furniza explicaţii precise ale cunoaşterii existente cu privire la lumea reală şi nu poate face nici un fel de predicţii precise. Credibilitatea teoriei corzilor nu poate fi evaluată, cu atât mai puţin

determinată ferm. În stadiul în care se află acum, teoria corzilor nu prezintă nici un fel de credibilitate în calitate de teorie a fizicii."[31]

Potrivit lui Smolin, faptul că teoria corzilor „a căutat o teorie unică şi unificată a naturii a dus la conjectura unui număr infinit de teorii, dintre care nici una nu poate fi expusă în detaliu. Iar dacă aceste teorii sunt coerente, duc la un număr infinit de universuri posibile. Mai mult decât atât, toate versiunile pe care le putem studia în detaliu intră în contradicţie cu observaţiile. [...] Cei care dau crezare acestor conjecturi trăiesc într-un univers intelectual foarte diferit de al celor care insistă să creadă doar ceea ce e susţinut de dovezi."[32]

Aceste universuri nu sunt separate numai de perspectivele diferite cu privire la necesitatea dovezilor empirice. Aşa cum consideră atât Smolin, cât şi Peter Woit[33], dominaţia teoreticienilor corzilor în comitetele care hotărăsc acordarea de fonduri şi de granturi în fizica teoretică în SUA a făcut ca abordările rivale să obţină cu mare dificultate fonduri. Ei vorbesc despre un fel de cult care foloseşte tot felul de practici dubioase pentru a bloca opiniile diferite ale altor fizicieni. Partea urâtă a polemicii dintre susţinătorii teoriei corzilor şi criticii lor este exemplificată de Lubos Motl, profesor asistent la Harvard, care, într-o recenzie pe Amazon.com, a denigrat cartea publicată de Smolin în 2006, The Trouble with Physics. Woit a răspuns cu propria lui recenzie, acuzându-l pe Motl că nu a fost onest şi că plăteşte 20 de dolari oricui reuşeşte să posteze o recenzie de o stea la cartea lui. După o săptămână, Amazon.com a şters ambele recenzii.

Lipsa dovezilor empirice

Ar fi de presupus că o teorie dezvoltată vreme de peste treizeci de ani de unele dintre cele mai strălucite minţi ale fizicii teoretice a ajuns la dovezi empirice consistente. Totuşi, fiecare coardă este de o sută de miliarde de miliarde de ori mai mică decât protonii din nucleul unui atom. Altfel spus, dacă un atom ar fi mărit la scara întregului sistem solar, o coardă ar fi de mărimea unei case. Asta înseamnă că nu se poate prevedea o modalitate prin care să putem detecta corzile.

Cu toate acestea, unii dintre susţinătorii teoriei corzilor, precum Brian Greene, cred - verbul „a crede“ apare în publicaţiile şi interviurile lor mult mai des decât ar fi de aşteptat în literatura ştiinţifică - că predicţiile ei pot fi validate. O cerinţă a teoriei supercorzilor este supersimetria, care spune că, pentru orice particulă subatomică pe care o cunoaştem, de exemplu un electron sau un proton, ar trebui să existe o altă particulă mult mai grea, numită „sparticulă“. Dar supersimetria nu depinde de teoria corzilor - alte ipoteze, precum extensia supersimetrică minimă din modelul standard

sau gravitaţia cuantică cu bucle, au nevoie de supersimetrie sau măcar sunt compatibile cu ea[34] -, prin urmare nu este o predicţie unică a cărei confirmare ar valida teoria corzilor. În plus, nimeni nu a detectat vreodată o sparticulă. Deşi unii cercetători sunt încrezători, pare puţin probabil ca LHC, chiar şi la energiile mai mari la care operează din 2015, să reuşească să facă asta.

Predicţia fundamentală a teoriei supercorzilor privind originea universului nostru este aceea că există alte dimensiuni ale universului, cu care nu putem comunica. Greene crede că această predicţie poate fi demonstrată, dacă nu chiar validată, folosind o altă predicţie a supercorzilor despre gravitoni, particulele fără masă despre care se presupune că ar transmite forţa gravitaţională. Teoreticienii supercorzilor susţin că gravitaţia este atât de slabă în universul nostru în comparaţie cu celelalte forţe ale naturii deoarece corzile din care sunt formaţi gravitonii sunt bucle strânse şi nu sunt silite să existe doar pe brana în care există universul nostru cu trei dimensiuni spaţiale vizibile: un graviton se poate muta în alte dimensiuni. De aceea, dacă un accelerator de particule ar putea detecta un graviton care să dispară brusc, aceasta ar fi o dovadă experimentală pentru existenţa dimensiunilor suplimentare prezisă de teoria corzilor. Totuşi, nimeni nu a detectat încă un graviton, cu atât mai puţin unul care să dispară brusc.

De aceea, suntem nevoiţi să conchidem că nu se poate prevedea vreo modalitate de a testa afirmaţiile teoreticienilor corzilor, iar afirmaţia lor centrală este aproape sigur netestabilă.

Pg.102

Aşadar, chiar dacă ideea că materia şi energia sunt alcătuite de fapt din corzi de energie mi se pare mai atractivă teoretic decât ideea existenţei a 61 de particule fundamentale, în momentul de faţă ea nu este mai mult decât o idee care a primit diverse expresii matematice. În cele ce urmează, voi folosi expresia conjectură a corzilor sau „teorie“ a corzilor pentru a sublinia faptul că această idee nu îndeplineşte principalul criteriu de rigoare pentru o teorie ştiinţifică aşa cum este ea înţeleasă în prezent.

UNIVERSUL DEFINIT

După cum am văzut, cuvântul „univers“ este folosit azi pentru a desemna tot felul de lucruri. Ca să evităm eventualele neînţelegeri, voi defini în continuare ce înţeleg eu prin acest termen, precum şi prin termenii înrudiţi.

univers Toată materia şi toată energia care există în dimensiunea temporală şi în cele trei dimensiuni spaţiale percepute de simţurile noastre.

univers observabil Partea din univers care conţine materie detectabilă prin observaţie astronomică. Conform cosmologiei ortodoxe actuale, această parte este circumscrisă de viteza luminii şi de timpul scurs de când materia şi radiaţia s-au decuplat cam la 380.000 de ani după ce universul s-a format în urma Big Bangului.

megavers Un prezumtiv univers cu mai multe dimensiuni în care există universul nostru cu trei dimensiuni spaţiale. Conform unor ipoteze, cosmosul cuprinde mai multe megaversuri.

cosmos Tot ceea ce există, incluzând aici dimensiuni ipotetice diferite de cele trei dimensiuni spaţiale şi dimensiunea temporală pe care le percepem, plus alte universuri cu care nu avem nici un fel de contact fizic şi despre care nu putem obţine informaţii observabile sau experimentale.

multivers Un cosmos prezumtiv care conţine universul nostru plus o multitudine sau chiar o infinitate de alte universuri cu care nu avem nici un contact fizic şi despre care nu putem obţine informaţii observabile sau experimentale. Au fost propuse mai multe tipuri de multivers, fiecare având proprietăţi diferite.

CONCLUZII

Nici una dintre modificările aduse modelului inflaţionar al Big Bangului şi nici una dintre conjecturile concurente nu oferă în acest moment o explicaţie satisfăcătoare din punct de vedere ştiinţific, şi nu doar una matematică, pentru originea materiei din care suntem formaţi şi nici pentru faptul că universul a luat exact această formă dintre toate cele posibile, formă care a permis ulterior evoluţia oamenilor.

O explicaţie trebuie să existe - iar una dintre aceste conjecturi s-ar putea s-o ofere în cele din urmă -, dar cosmologia nu pare să îndeplinească standardele general acceptate care diferenţiază ştiinţa de speculaţie sau de credinţă. Mă voi referi la toate acestea în capitolul următor.

CAPITOLUL 6
Probleme întâmpinate de cosmologie ca mijloc explicativ

Atunci când propun idei teoretice, oamenii de ştiinţă ar trebui să nu se teamă să fie radicali, dar atunci când se pune problema interpretării dovezilor ar trebui să fie profund conservatori.

Peter Coles, 2007

Credinţa în teorie tinde să se dispenseze de dovezi.

George Ellis, 2005

Pentru ca o explicaţie să fie ştiinţifică, trebuie să fie testabilă. În particular, criteriile ştiinţifice general acceptate spun că validitatea unei explicaţii depinde de abilitatea noastră de a detecta, a colecta şi, preferabil, a măsura date despre fenomenul respectiv, de a le interpreta corect şi de a formula pornind de la ele o ipoteză sau o concluzie provizorie ca bază pentru predicţii sau retrodicţii care pot fi testate independent prin observaţie sau experiment şi în cele din urmă confirmate sau infirmate.

Cosmologia se deosebeşte de alte ramuri ale ştiinţei, precum chimia sau biologia, în trei privinţe: avem un singur univers, suntem parte din el, iar el este incomparabil mai mare decât noi. Nu putem experimenta, de exemplu, schimbându-i temperatura, presiunea sau condiţiile iniţiale, nici nu-l putem compara cu alte universuri, pentru că universul este, prin definiţie, tot ceea ce putem percepe cu simţurile noastre; nu-l putem observa din exterior, iar mărimea lui creează dificultăţi foarte mari. Aceşti factori influenţează puternic patru probleme înrudite cu care se confruntă cosmologia în încercarea de a explica originea şi evoluţia materiei: dificultăţi practice, interpretarea datelor, teorii inadecvate şi limitări intrinseci.

DIFICULTĂŢI PRACTICE

Dificultăţile practice pot fi grupate în două categorii: limitele detecţiei şi problemele legate de măsurători.

Limitele detecţiei

Dacă teoria relativităţii este validă, atunci nimic nu se poate deplasa cu o viteză mai mare decât cea a luminii. Intervine, astfel, orizontul particulei.

Pg.105

orizontul particulei Nu putem fi influenţaţi cauzal de, nu putem obţine informaţii despre - şi, prin urmare, nu putem detecta - nici un fel de particulă, fie cu masă pozitivă, fie cu masă zero, care se află la o distanţă mai mare de noi decât cea pe care lumina a parcurs-o de când a început timpul.

Dacă actuala versiune ortodoxă a cosmologiei este validă, atunci

avem de-a face cu o a doua limită legată de detecţie.

orizontul vizual Conform modelului Big Bang, nu putem vedea în urmă decât până la momentul decuplării materiei de radiaţia electromagnetică - despre care în acest moment se estimează că a avut loc la aproximativ 380.000 de ani după Big Bang -, pentru că, înainte de acest moment, fotonii erau risipiţi de continua interacţiune cu plasma originară, făcând universul opac.

Asta înseamnă că nu putem detecta radiaţie electromagnetică dintr-o perioadă mai timpurie.

Probleme legate de măsurători

Dezvoltarea tehnologiilor începând cu anii ’60 ai secolului trecut a permis apariţia unor mijloace mai performante şi a unor metode de mai mare acurateţe pentru detectarea fenomenelor cosmice. Nu doar că acum putem să facem observaţii vizuale, dar putem să detectăm emisii de-a lungul întregului spectru electromagnetic de unde radio, microunde, radiaţie infraroşie, lumină vizibilă, raze ultraviolete, raze X şi raze gamma. Echipamente precum dispozitivele cu cuplaj de sarcină şi fibrele optice, precum şi abilitatea de a plasa detectori în spaţiu deasupra atmosferei terestre au făcut ca măsurătorile să fie mult mai rafinate. Toate acestea au dus la colectarea unei mari cantităţi de date în ultimii cincizeci de ani. Totuşi, aşa cum spune cosmologul George Ellis, „problema de bază a astronomiei este determinarea distanţei până la obiectele observate"[1].

Pg.106

Mai mulţi parametri cosmologici cruciali, precum vârsta obiectelor cereşti, vârsta universului şi rata lui de expansiune, depind de determinarea distanţelor. Dar astronomii nu pot face măsurători directe de distanţă, aşa cum facem noi pentru obiectele de pe pământ, şi nici nu pot folosi strălucirea ca pe o măsură a distanţelor, pentru că, deşi stelele şi galaxiile sunt într-adevăr mai palide cu cât sunt mai îndepărtate, fiecare dintre ele are o strălucire proprie, numită tehnic luminozitate. În consecinţă, astronomii măsoară distanţa până la stelele apropiate prin paralaxă, trigonometrie aplicată local prin care se măsoară unghiurile delimitate de o stea văzută din diverse puncte de pe Pământul care orbitează în jurul Soarelui. Obiectele mai îndepărtate sunt măsurate printr-o serie de indicatori de distanţă, numiţi în mod obişnuit „candele standard". Acestea sunt obiecte despre care astronomii cred că au luminozitate cunoscută. Astfel, ei compară luminozitatea observată a unei candele standard cu luminozitatea sa cunoscută pentru a calcula distanţa faţă de noi şi, pe cale de consecinţă, distanţa faţă de noi a unui obiect mai mare, cum ar fi galaxia din care face parte. Cel mai des folosite candele standard

sunt stelele variabile cefeide, stele galbene gigantice care strălucesc şi pierd din strălucire într-un mod foarte regulat şi a căror perioadă de variaţie depinde de strălucirea lor intrinsecă. Pentru cele mai îndepărtate obiecte, cosmologii ortodocşi folosesc deplasarea spre roşu a obiectelor, adică deplasarea lungimii de undă a radiaţiei emise către capătul roşu al spectrului.

Candelele standard ar putea fi totuşi mai puţin standard decât sugerează anumite măsurători de distanţă. De exemplu, astronomii au descoperit în 1956 că cefeidele sunt de două feluri şi că sunt mai variabile decât se crezuse anterior. Nu ar fi deloc ştiinţific să presupunem că, pe măsură ce metodele de observaţie se vor îmbunătăţi, iar volumul de date va creşte, nu vor fi dovedite false şi alte supoziţii sau interpretări.

În plus, luminozitatea observată a unei candele standard aflată la distanţă mare poate fi diminuată de gaz sau praf interstelar sau obturată de strălucirea stelelor şi galaxiilor aflate pe aceeaşi linie a privirii. Ajustarea observaţiilor ţinând cont de aceşti factori nu e deloc uşoară şi cere supoziţii care vor fi, în cel mai bun caz, discutabile.

Astronomii au mai descoperit că nu doar Pământul orbitează în jurul Soarelui la viteza de 30 de kilometri pe secundă, în timp ce Soarele orbitează în jurul centrului galaxiei Calea Lactee la o viteză de 220 de kilometri pe secundă, ci galaxia se deplasează la rândul ei cu o viteză de 200 de kilometri pe secundă către centrul unui grup local de galaxii, despre care se crede că se deplasează cu aproximativ aceeaşi viteză, dar într-o altă direcţie, către centrul superroiului local.[2] Fiecare dintre aceste descoperiri a necesitat ajustări ale vitezei unui corp ceresc aflat la distanţă de Pământ estimate pe baza deplasării sale spre roşu. Cosmologii ortodocşi folosesc deplasarea spre roşu pentru a măsura nu doar distanţa până la obiectele cosmice foarte îndepărtate - şi, prin urmare, foarte tinere -, ci şi rata de exapansiune a universului şi, în consecinţă, vârsta acestuia.

Estimările privind vârsta universului

Pg.107

Una dintre consecinţele problemelor legate de măsurători a fost variaţia în estimările vârstei universului. Estimarea iniţială a lui Hubble a fost sub 500 de milioane de ani.[3] Chiar şi în anii ’50 ai secolului trecut, vârsta calculată a universului era de aproximativ două miliarde de ani, în timp ce datarea radioactivă a rocilor arătase că Pământul avea cel puţin 3 miliarde de ani. Allan Sandage, succesorul lui Hubble la observatorul de pe muntele Wilson a estimat o vârstă de 20 de miliarde de ani, în vreme ce Gerard de Vaucouleurs, de la Universitatea din Texas, a estimat vârsta la 10 miliarde de ani.

În 1994, o echipă internaţională de astronomi a folosit Telescopul

Spaţial Hubble pentru a face cele mai precise măsurători ale îndepărtatei galaxii M100 şi a conchis că universul are între 8 şi 10 miliarde de ani.[4]

În 2003, în urma observaţiilor privitoare la întregul cer făcute cu ajutorul sondei WMAP, Charles L. Bennett, cercetătorul-şef, a declarat încrezător că vârsta universului este de 13,7 miliarde de ani, cu o marjă de eroare de 1%.[5] Această estimare, de o exactitate fără precedent, a fost acceptată de cei mai mulţi cosmologi. Totuşi, în 2013 a fost revizuită la 13,82 miliarde de ani, în urma unor noi date obţinute cu ajutorul telescopului spaţial Planck.[6]

Ar fi înţelept din partea oamenilor de ştiinţă să se aştepte la noi descoperiri care ar putea foarte bine să modifice estimările actuale, din moment ce detecţia şi măsurarea datelor pe baza cărora sunt făcute întâmpină asemenea dificultăţi practice. La care se adaugă şi faptul că aceste date se supun unor interpretări diferite.

INTERPRETAREA DATELOR

Înainte ca Galilei să folosească un telescop, în 1610, pentru a studia planetele, ai fi putut interpreta observaţiile privind mişcarea Soarelui şi planetelor fie ca rezultat al mişcării planetelor, inclusiv Pământul, în jurul Soarelui, fie ca rezultat al mişcării Soarelui şi planetelor în jurul Pământului; ambele interpretări erau în concordanţă cu datele. Aproape toţi observatorii au adoptat cea de-a doua interpretare. Se înşelau, desigur, însă această interpretare era determinată de convingerile lor religioase.

O mare parte din literatura cosmologică este tributară interpretărilor bazate pe credinţă. Susţinătorii diferitelor ipoteze cosmologice tind să folosească sau să interpreteze dovezile pentru a-şi susţine credinţele. E valabil atât pentru cei care susţin interpretările ortodoxe, cât şi pentru cei care le contestă.

În plus, acordăm de obicei mai multă atenţie concluziilor derivate din observaţii decât presupunerilor - adesea neformulate - care stau la baza acelor concluzii. În cazul cosmologiei, asemenea supoziţii sunt adesea discutabile.

Vârsta universului

Pg.108

Concluzia acceptată de Bennett şi de echipa NASA în 2003 pe baza datelor WMAP, cum că vârsta universului ar fi de 13,7 miliarde de ani, ±1%, depinde de mai multe supoziţii. Una dintre acestea este valoarea constantei Hubble. După Rowan-Robinson, estimările acestei constante „au fost o chestiune de aprinsă dezbatere în ultimii treizeci de ani“[7]. La trei ani după anunţul lui Bennett, o echipă de cercetare condusă de Alceste Bonanos, de la Carnegie Institution din

Washington, a folosit ceea ce echipa lui pretinde a fi o măsurătoare mai exactă a distanţei până la galaxia M33 pentru a propune o reducere cu 15% a constantei Hubble, ceea ce ar face ca vârsta universului să fie de 15,8 miliarde de ani[8], confirmând concluzia lui Rowan-Robinson că încă avem nevoie de o estimare mai precisă a vârstei universului.[9]

Deşi aceste estimări revizuite ale vârstei universului vin de la cosmologi ortodocşi, au fost lansate periodic diferite provocări la adresa interpretării ortodoxe a datelor şi a supoziţiilor care stau la baza estimărilor privind vârsta universului. De exemplu, Eric Lerner, specialist în fizica plasmei, susţine că structurile pe care le vedem în univers, precum superroiurile gigantice de tipul Marelui Zid, şi imensele regiuni vide care le despart ar fi avut nevoie de cel puţin 100 de miliarde de ani pentru a se forma.[10] Interpretarea lui a fost contestată, la rândul ei, de Ned Wright, aprigul apărător al ortodoxiei cosmologice actuale.[11]

Supernovele de tip 1a cu deplasare spre roşu

După cum am văzut în capitolul 4, descoperirea că supernovele de tip 1a cu o puternică deplasare spre roşu - obiecte foarte strălucitoare, dar cu durată scurtă de viaţă, despre care se crede că ar fi pitice albe explodate - sunt mult mai palide decât se anticipase a fost interpretată de cosmologii ortodocşi drept o dovadă a faptului că rata de expansiune a universului a devenit crescătoare după Big Bang, după ce înainte fusese descrescătoare. Deşi alte studii par să susţină această interpretare, toate depind de interpretarea deplasării spre roşu ca o măsură a distanţei (vezi mai jos). Mai mult, strălucirea supernovelor de tip 1a ar putea fi diminuată de praful interstelar, după cum susţine cosmologia stării cvasistaţionare[43] sau, cum se întâmplă în cazul stelelor variabile cefeide, luminozitatea lor ar putea să nu aibă o valoare standard, cum presupun astăzi astronomii.

Acceleraţia aparentă a ratei de expansiune a universului

În capitolul 4, am văzut şi că majoritatea cosmologilor ortodocşi au pus această strălucire mai slabă pe seama accelerării ratei de expansiune a universului, care ar putea fi cauzată de o misterioasă energie întunecată. Au oferit o explicaţie matematică reintroducând constanta cosmologică arbitrară Lambda cu o valoare foarte diferită atât de cea pe care Einstein a respins-o, cât şi de cea pe care au folosit-o inflaţioniştii. Au interpretat-o ca fiind punctul zero al câmpului cuantic de energie al universului, ca să nu mai vorbim de faptul că valoarea ei calculată este de 10^{120} de ori mai mare decât cea aflată în concordanţă cu interpretarea pe care o dădeau ratei de expansiune a

universului.

Pg.109

Kunz şi colegii lui, Rasanen şi Lieu, au dat fiecare câte o interpretare diferită a datelor lăsând la o parte energia întunecată, în vreme ce Ellis a oferit alte interpretări, adăugând că „intr-adevăr, cosmologia ortodoxă actuală consideră că asemenea propuneri nu sunt deloc atrăgătoare - ceea ce nu dovedeşte că sunt incorecte."[12]

După cum am văzut în capitolul 5, Steinhardt şi Turok afirmă că energia întunecată nu reprezintă o constantă arbitrară, ci este mai degrabă un ingredient fundamental al universului, care se modifică dinamic (chintesenţa)[44] în timp ce adepţii cosmologiei stării cvasistaţionare susţin că modelul lor explică şi datele cu privire la supernove, fără a fi nevoie de o misterioasă energie întunecată.[45]

Deplasarea spre roşu

Una dintre cele mai importante interpretări ale datelor spune că deplasarea spre roşu este în sine, întotdeauna, o măsură a distanţei şi, combinată cu constanta Hubble, a vitezei de recesiune şi, prin urmare, a vârstei obiectelor cereşti. În capitolul 3 am văzut că Halton Arp, Geoffrey Burbidge şi alţii au contestat această interpretare[46]

Cheia acestui conflict de interpretare este natura cuasarilor, cunoscuţi şi sub denumirea de obiecte cvasistelare sau OCS. Aceste surse puternice de emisii radio variabile au fost detectate în 1961 şi identificate iniţial cu mici obiecte vizibile despre care s-a crezut că ar fi stele în galaxia noastră. Totuşi, când au fost analizate spectrele luminii pe care o emiteau, s-a descoperit că aveau o deplasare accentuată spre roşu. Apoi au fost detectate şi alte asemenea obiecte mici, cu o puternică deplasare spre roşu; acestea nu emiteau unde radio, dar emiteau lumină vizibilă, în special albastră, care varia la câteva zile, în vreme ce majoritatea aveau puternice emisii de raze X care variau la câteva ore, în comparaţie cu perioada de variaţie de luni sau chiar de ani a obiectelor care emiteau unde radio.

Cosmologii ortodocşi au interpretat deplasările puternice spre roşu drept o dovadă a faptului că aceşti cuasari se află la distanţă foarte mare şi că se îndepărtează de noi cu o viteză de până la 95% din viteza luminii. Din cauză că durează până când lumina lor ajunge la noi, acum vedem de fapt cuasarii aşa cum erau când erau foarte tineri - la fel ca întregul univers. Problema era să explice de ce asemenea distanţe uriaşe dădeau de înţeles că emisiile lor electromagnetice echivalau cu emisiile a o mie de galaxii combinate, dar perioadele scurte de variaţie în emisie dădeau de înţeles că acele surse erau foarte mici; în plus, numai una din douăzeci de surse emitea unde radio, în timp ce majoritatea emiteau lumină vizibilă şi raze X, precum şi raze gama.

Pg.110

Pe la începutul anilor ’80 ai secolului trecut cosmologii ortodocşi au ajuns la un consens rezonabil. Aceste uriaşe emisii optice şi de raze X erau cauzate de un disc de gaz şi praf foarte fierbinte, care se rotea şi era absorbit în gaura neagră masivă aflată în centrul fiecărei galaxii tinere, în vreme ce emisiile radio erau provocate de jeturi expulzate de-a lungul axei de rotaţie, aşa cum se observă în procesul de formare a stelelor. De fapt, unghiul din care le-am privit a provocat această diferenţiere între sursele puternice de semnale radio şi sursele puternice optice şi de raze X.[13]

Arp, Burbidge şi alţii au susţinut, totuşi, că analiza cuasarilor cu deplasare mare spre roşu arată foarte mulţi care se găsesc aliniaţi de fiecare parte a galaxiilor active din apropiere, prezentând, în unele cazuri, o legătură fizică cu ele; mai mult, se observă o creştere a strălucirii şi o scădere a deplasării spre roşu odată cu creşterea distanţei faţă de galaxia-părinte.

În 2007, Michal Rowan-Robinson, preşedintele Societăţii Astronomice Regale, a respins ferm această interpretare: „Chestiunea anomaliei privind deplasarea spre roşu s-a terminat acum treizeci de ani. Unele dintre aceste asocieri au fost o simplă întâmplare, altele s-au datorat efectului de lentilă gravitaţională."[14] Dar Burbidge a susţinut că tocmai această acumulare de date în decursul a treizeci de ani îi sprijină interpretarea:

> Dacă nu cumva putem explica asta afirmând că materia întunecată din vecinătatea galaxiilor strălucitoare produce, prin efectul de lentilă gravitaţională, creşterea strălucirii cuasarilor îndepărtaţi altminteri palizi - şi nu s-a construit încă un astfel de model gravitaţional satisfăcător -, va trebui să admitem că cei mai mulţi cuasari nu se află foarte departe. Singura ieşire pentru cei care îmbrăţişează explicaţia convenţională este să conchidă că toate configuraţiile sunt accidentale şi/sau că statisticile sunt greşite [...]. Datele se tot acumulează. În 2005, Margaret Burbidge şi colegii ei au arătat că un cuasar care emite raze X cu o deplasare spre roşu de 2,1 se află la numai 8 secunde de arc de o galaxie activă din apropiere, NGC 7619. Probabilitatea să fie doar o întâmplare este de 1 la 10.000. Şi există multe, multe alte cazuri în literatura de specialitate."[15]

Pg.111

După părerea lui Arp însă, nu există suficiente cazuri. El spune că reuşeşte cu greu să-şi vadă articolele publicate în reviste ştiinţifice. În 1998, a făcut publice unele dintre schimburile sale de opinii cu diverşi referenţi anonimi, despre care spune că sunt „manipulatori, alunecoşi, insolenţi, aroganţi şi, mai presus de orice, furioşi“[16]. Această perspectivă a fost susţinută de Burbidge, care a spus că în prezent

cosmologia este dominată nu de cercetătorii axaţi pe observaţie, ci de matematicienii teoreticieni care acordă mai puţină atenţie datelor observaţionale. „Cel mai adesea, părerile noastre cu privire la cosmologie sunt ignorate, iar în ultimii douăzeci de ani au existat destule încercări reuşite de a ni se bloca articolele precum şi accesul la conferinţele de cosmologie. Probabil pentru că atunci când ni se oferă posibilitatea de a vorbi suntem destul de convingători."[17]

Aceştia sunt oameni de ştiinţă reputaţi. Arp este probabil astronomul cu cea mai mare experienţă în observaţiile extragalactice. Vreme de douăzeci şi nouă de ani a făcut parte din echipa de la Observatorul Palomar, după care s-a alăturat prestigiosului Institut Max Planck din Germania; printre premiile pe care le-a primit se numără şi Premiul Helen B. Warner al Societăţii Americane de Astronomie. Burbidge a fost profesor de astrofizică la Universitatea din California, San Diego, şi în 2005 i s-a acordat Medalia de Aur a Societăţii Astronomice Regale. Plângerile lor cu privire la suprimarea alternativelor la modelul ortodox au fost susţinute de Richard Lieu47.

Această interpretare alternativă a unora dintre deplasările spre roşu are ceva surprinzător: dacă protogalaxiile sunt expulzate cu o viteză apropiată de viteza luminii din centrul galaxiilor active existente, de ce nu sunt aruncate la întâmplare, distribuindu-se în mod uniform spre noi şi departe de noi, adică manifestând deopotrivă deplasări mari spre roşu şi deplasări mari spre albastru?

Arp a adus în discuţie analiza pe care a făcut-o în 2008 unui roi ce conţine 14 cuasari cu deplasare mare spre roşu din jurul galaxiei AM 2330-284, pentru Two-degree-Field Galaxy Redshift Survey.[18] El pretinde că deplasările lor spre roşu se află într-un spectru îngust de valori cu puţin mai mari sau cu puţin mai mici decât viteza de recesiune cosmică a galaxiei; această idee este coerentă cu aceea că au fost expulzaţi la întâmplare din galaxia-părinte la viteze de aproximativ 1.800 de kilometri pe secundă. Această valoare este cu mult mai mică decât viteza luminii, pentru că masa fiecărui obiect expulzat creşte cu timpul şi, pentru a-şi păstra inerţia, trebuie să-şi reducă viteza.[19] Arp îşi bazează această interpretare pe ipoteza masei variabile din teoria gravitaţiei a lui Hoyle-Narlikar, care susţine că materia nou creată porneşte cu masă zero care creşte în timp prin interacţiunea cu restul materiei din univers.[20]

Poate că Arp, Burbidge sau alţii care au pus la îndoială interpretarea clasică a deplasării spre roşu se înşală. Totuşi, până când cosmologii ortodocşi nu intră într-o dezbatere rezonabilă cu Arp şi cu alţi oameni de ştiinţă reputaţi care au propus alte interpretări ale datelor, în loc să-i ignore sau să-i denigreze, deasupra interpretării ortodoxe a tuturor deplasărilor spre roşu şi, prin urmare, a modelului Big Bang va trebui să atârne în continuare un semn de întrebare.

Fluctuaţiile radiaţiei cosmice de fond

Privilegierea credinţei în detrimentul raţiunii se reflectă în limbajul folosit uneori pentru anunţarea rezultatelor. De exemplu, când cercetătorul-şef George Smoot a raportat, în 1992, că sonda COBE a găsit fluctuaţii cu o densitate de 0,001% în radiaţia cosmică de fond (RCF), a spus că a fost „ca şi cum aş fi văzut faţa lui Dumnezeu". Stephen Hawking a spus la rândul lui că sonda făcuse „descoperirea secolului, dacă nu chiar cea mai mare descoperire din toate timpurile"[21]. „Au descoperit Sfântul Graal al cosmologiei", a anunţat şi Michael Turner, de la Universitatea din Chicago, când a fost făcut anunţul la American Physical Society din Washington.[22]

Toată această euforie avea ca motiv faptul că cei mai mulţi cosmologi au interpretat datele oferite de COBE drept dovezi ale modelului inflaţionist ortodox al Big Bangului, argumentând că fluctuaţiile reflectă neomogenităţile de la nivelul plasmei la momentul decuplării fotonilor. Au presupus că aceste neomogenităţi au fost produse de expansiunea inflaţionară a fluctuaţiilor cuantice de la Big Bang şi au fost sâmburii viitoarelor galaxii, roiuri galactice şi superroiuri separate de vaste regiuni de vid. Smoot şi colegul lui, John Mather, de la Goddard Flight Centre, au primit Premiul Nobel în 2006 pentru detectarea fluctuaţiilor.

Un editorial publicat în Nature la o săptămână după tot acest val de entuziasm a adoptat o poziţie mai sobră:

> Simpla concluzie că datele confirmate deocamdată sunt în concordanţă cu doctrina Big Bangului a fost amplificată în ziare şi emisiuni de televiziune şi transformată într-o dovadă că „acum ştim" cum a început Universul. Aş spune că este oarecum alarmant.

Articolul menţiona în continuare ce probleme ar exista dacă aceste fluctuaţii ar fi responsabile pentru ceea ce observăm în universul de azi şi pentru explicaţiile cosmologiei ortodoxe, afirmând că „nu există dovezi reale, independente, nici pentru materia întunecată, nici pentru inflaţie"[23].

În plus, literatura cosmologică menţionează arareori că aceste fluctuaţii din RCF sunt compatibile cu alte modele. Ellis susţine în continuare că modelele sferice simetrice neomogene ale universului pot produce fluctuaţii asemănătoare. Cosmologia stării cvasistaţionare spune că radiaţia cosmică de fond apare din termalizarea energiei generate prin producerea de heliu în interiorul stelelor şi priveşte fluctuaţiile drept efecte localizate.[24] Modelul universului etern din cosmologia plasmei dă o explicaţie similară a energiei radiaţiei de fond şi consideră că fluctuaţiile se datorează izotropizării imperfecte a

acestei energii de către un buchet de filamente de plasmă dense, constrânse magnetic, care pătrund în mediul intergalactic[48].[i] [ii] Modelul universului ekpyrotic ciclic consideră că au fost întipărite într-o eliberare de energie la Big Bang în urma fluctuaţiilor anterioare care s-au produs atunci când două brane reci şi aproape vide s-au apropiat[49].

Pg.113

Un profesor de cosmologie m-a asigurat la un moment dat că fluctuaţiile din RCF au făcut „aproape cert“ modelul ortodox actual începând cu o secundă după Big Bangul fierbinte. Atunci când a respins alte interpretări ale fluctuaţiilor, l-am întrebat ce motive are. A recunoscut că nu citise nici unul dintre articolele relevante; pur şi simplu nu avea timp să citească tot ce se publica, iar asta era valabil pentru cei mai mulţi cosmologi. În acest caz, cum puteau respinge alte interpretări atâta timp cât nu le citiseră? Numai o mână de cosmologi făceau legea, a explicat el, şi stabileau cea mai bună interpretare a datelor.

Iată cum unui om onest şi sincer nu i-a trecut nici un moment prin minte să se întrebe dacă aceşti câţiva cosmologi au un interes particular - conştient sau subconştient - pentru a interpreta datele astfel încât să se potrivească numai cu modelul la care au lucrat toată viaţa şi în care credeau cu tărie. Am rămas cu impresia că discutam cu un episcop al perspectivei ortodoxe fericit să se încreadă în colegiul cardinalilor cosmologiei.

Afirmaţii exagerate

Când credinţele precumpănesc în detrimentul raţiunii apar tot felul de afirmaţii exagerate. „Satelitul NASA aruncă o privire în prima bilionime de secundă a universului" a fost titlul comunicatului de presă publicat de NASA pe 16 martie 2006 pentru a relata descoperirile din cei trei ani de activitate ai sondei WMAP, lansată la un deceniu după COBE şi dispunând de instrumente mult mai precise. Articolul îl cita pe cercetătorul-şef Charles Bennett: „Putem acum să distingem între diferitele versiuni cu privire la ce s-a întâmplat în prima bilionime de secundă a universului."[25]

Din păcate, se pare că nu doar politicienii vorbesc fără acoperire. Ben- nett este un cosmolog ortodox, aşadar cel mai probabil crede că nu putem vedea mai departe în trecut decât orizontul vizual, când radiaţia s-a decuplat de materie, la aproximativ 380.000 de ani după Big Bang[50].

Pg.114

O examinare mai amănunţită a datelor arată că de fapt instrumentele WMAP au înregistrat variaţii de temperatură şi polarizarea radiaţiei cosmice de fond, despre care cercetătorii

presupun că s-a format la 380.000 de ani după Big Bang. Bazându-se pe un alt set de supoziţii, oamenii de ştiinţă care analizează datele WMAP deduc că polarizarea a fost cauzată de evenimente prezumtive care s-au desfăşurat în prima bilionime de secundă. Însă afirmaţiile neîntemeiate despre diverse fapte nu prea sunt o bună practică ştiinţifică.

Datele WMAP

Cercetătorii din cadrul proiectului WMAP au interpretat datele pe care le-au obţinut ca pe o confirmare suplimentară a modelului inflaţionar ortodox al Big Bangului, susţinând că tiparul de puncte fierbinţi şi reci se potrivea cu cele mai simple predicţii ale conjecturii inflaţiei.

În 2005 însă, mai multe analize ale datelor WMAP făcute de alţi cosmologi au dus la apariţia unor dubii semnificative. Richard Lieu şi Jonathan Mittaz, de la Universitatea din Alabama, Huntsville, au descoperit că datele WMAP indicau un univers uşor „supercritic“, în care există mai multă materie - şi, în consecinţă, un câmp gravitaţional mai puternic - decât în interpretarea cercetătorilor afiliaţi proiectului şi că aceasta implica probleme serioase pentru conjectura inflaţionară.[26] Cei doi au mai descoperit lipsa a ceea ce se numeşte efect de lentilă gravitaţională în interiorul radiaţiei cosmice de fond, prezis de modelul standard. După părerea lor, punctele reci din radiaţia de fond sunt prea uniforme ca mărime ca să fi călătorit aproape 14 miliarde de ani-lumină de la marginile universului până la Pământ. Consecinţele sugerează câteva explicaţii alternative. Cea mai conservatoare dintre ele spune că parametrii folosiţi în modelul ortodox, inclusiv constanta Hubble, sunt greşiţi. Cea mai îndrăzneaţă susţine că radiaţia cosmică de fond nu este rămăşiţa unei explozii, ci s-a format în urma unui proces diferit, un proces local desfăşurat atât de aproape de Pământ, încât radiaţia nu s-ar apropia de nici o lentilă gravitaţională înainte să ajungă la telescoapele noastre.

David Larson şi Benjamin Wandelt, de la Universitatea din Illinois, au găsit o deviaţie semnificativă statistic de la distribuţia gaussiană a punctelor reci şi fierbinţi prevăzută de teoria inflaţiei.[27] Kate Land şi João Magueijo, de la Imperial College din Londra, au analizat radiaţia cosmică de fond plecând de la cele trei componente ale sale şi au descoperit că două dintre ele - cvadrupolul şi octopolul - prezentau o orientare a punctelor reci şi fierbinţi dispusă de-a lungul a ceea ce Magueijo a numit „axa răului“, ceea ce contrazice predicţia orientării arbitrare făcută de modelul inflaţionar. Magueijo sugerează că asta s-ar putea datora formei universului, de placă, sau de covrig, sau faptului că universul se roteşte, fiecare dintre aceste supoziţii contrazicând supoziţiile izotropiei şi omnicentrismului pe care se

bazează modelul ortodox.[28]

Pg.115

Totuşi, majoritatea cosmologilor interpretează aceste orientări non-aleatorii ca abateri statistice obişnuite de la media a peste o sută de măsurători.[29]

Indiferent dacă cei doi cercetători şi alţii care au găsit probleme legate de datele WMAP au dreptate - iar datele obţinute mai târziu de telescopul Planck sugerează că au dreptate (vezi capitolul următor) -, disponibilitatea lor de a examina datele într-o manieră deschisă şi de a lua în calcul interpretări alternative contrastează puternic cu atitudinea oamenilor de ştiinţă implicaţi în proiect, care par să formuleze numai concluzii care susţin ipoteza investigată.

Confirmarea de către telescopul Planck a dovezilor contradictorii

În martie 2013, când a anunţat datele colectate în primele 15 luni de telescopul Planck al Agenţiei Spaţiale Europene, Jan Tauber, unul dintre cercetătorii implicaţi în proiect, a susţinut, urmându-i pe omologii lui de la WMAP, că „se observă o potrivire aproape perfectă cu modelul standard al cosmologiei", după care a adăugat, contrazicându-se: „dar cu anumite trăsături stranii care ne obligă să regândim unele dintre supoziţiile noastre de bază"[30].

Telescopul Planck a observat radiaţia cosmică de fond (RCF) cu o rezoluţie şi o precizie mai mari ca niciodată. Au fost detectate multe trăsături care contrazic modelul inflaţionar standard al Big Bangului. Printre acestea se numără nu doar anumite rectificări ale vârstei universului şi ale procentelor de materie şi energie întunecată estimate, ci şi un punct rece care se întinde asupra unei regiuni de cer mult mai mari decât era de aşteptat, precum şi fluctuaţii de temperatură în RCF care diferă de cele prevăzute. Datele au confirmat că orientarea punctelor calde şi reci nu putea fi respinsă ca o abatere statistică şi că acestea erau într-adevăr aliniate de-a lungul unei axe, ceea ce contrazicea predicţia modelului standard potrivit căreia ar trebui să fie izotrope, adică în general similar distribuite în orice direcţie am privi.

Selectivitatea datelor

Selectivitatea, nu numai a ipotezelor, ci şi a datelor, apare atunci când oamenii de ştiinţă încearcă mai degrabă să justifice o ipoteză decât să examineze obiectiv dovezile.

Pg.116

Am menţionat ideea lui Leonard Susskind că peisajul de posibilităţi dă naştere unui multivers[51]. Recenzând cartea Peisajul cosmic a lui Susskind, Ellis subliniază că, ipotetic vorbind, acest multivers ar fi

apărut prin tunelare cuantică, de aici rezultând un univers omogen din punct de vedere spaţial şi izotrop, cu o curbură spaţială negativă şi, prin urmare, cu o valoare a parametrului Omega (Q) mai mică decât 1[52] Cea mai bună valoare determinată prin observaţie este Q = 1,02 ± 0,02. Date fiind abaterile statistice, această valoare nu intră neapărat în conflict cu conjectura lui Susskind, dar nici n-o susţine. Susskind însă nici măcar nu discută aceste date nefavorabile. Ellis conchide că acesta este „un simptom al cosmologiei prezente, în care încrederea în teorie tinde să precumpănească în raport cu dovezile."[31]

Legea interpretării datelor

Am acordat spaţiu interpretărilor alternative ale datelor astronomice propuse de astronomi reputaţi pentru că astfel de variante sunt auzite arareori în afara comunităţii cosmologice şi, în multe cazuri, nici măcar în interiorul său. Această comunitate este, până la urmă, o instituţie umană în care sunt instruiţi tinerii cosmologi şi în care susţinătorii perspectivei ortodoxe curente îi ajută să publice, să obţină fonduri şi să reuşească în carieră. Presiunile pentru a se conforma acestei perspective ortodoxe sunt la fel de mari ca în orice instituţie umană.

Mai mult, cosmologia necesită investiţii de timp întinse pe mulţi ani: la început este propusă o idee de cercetare, se depune o cerere de finanţare, cei care propun proiectul încearcă să convingă organismele de finanţare să-l accepte şi, spre exemplu, pe cei de la NASA să trimită un satelit, şi, în sfârşit, sunt culese şi interpretate datele brute - 18 ani în cazul satelitului COBE. La fel, specialiştii în fizica particulelor pot investi decenii întregi din cariera lor pentru a desfăşura o investigaţie care necesită cooperarea mai multor state, de exemplu pentru a finanţa un accelerator de particule. Oamenii de ştiinţă sunt şi ei oameni, deci e firesc să-şi dorească să vadă dacă aceste investiţii au meritat.

Compararea rezultatelor anunţate cu mai rarele puncte de vedere echilibrate ale unor cosmologi precum Ellis sau Rowan-Robinson sugerează că am putea avea aici de-a face cu o lege.

> **legea interpretării datelor** Măsura în care un om de ştiinţă se îndepărtează de o interpretare obiectivă a datelor obţinute în cursul cercetării este o funcţie cu patru factori: hotărârea lui de a valida o ipoteză sau de a confirma o teorie, timpul investit pentru acea investigaţie, investiţia emoţională pusă în joc în proiect şi importanţa pe care o au în cariera sa publicarea unei lucrări de însemnătate sau apărarea propriei reputaţii.

În capitolele 3 şi 4 am găsit probleme semnificative în legătură cu modelul inflaţionar standard al Big Bangului, iar în capitolul 5 am ajuns la concluzia că alte conjecturi care îl concurează şi încearcă să-l modifice sau să-l depăşească nu au reuşit până acum să explice în mod ştiinţific originea universului; principalele lor afirmaţii nu sunt testate şi majoritatea sunt aproape sigur netestabile.

Mă voi ocupa aici de câteva probleme teoretice mai profunde pe care se bazează modelul cosmologic ortodox şi cele mai multe dintre alternative.

Limitele teoriei cuantice şi ale teoriei relativităţii

Teoria cuantică şi teoria relativităţii sunt fundamentale pentru modelul Big Bangului, dar şi pentru teoriile concurente. Ambele au reuşit să facă predicţii care au fost confirmate prin observaţii şi experimente, fiecare în domeniul său: domeniul dimensiunilor foarte mici - subatomice - în cazul teoriei cuantice şi domeniul dimensiunilor foarte mari - mase stelare, viteze apropiate de viteza luminii - în cazul teoriei relativităţii. Cu toate acestea, fiecare dintre ele este inevitabil incompletă, pentru că nu poate explica fenomene din domeniul celeilalte teorii[53]. Aceste rezultate sugerează că fiecare din cele două teorii este un caz particular al unei teorii mai profunde şi mai complete a naturii.

Au fost făcute multe încercări de a unifica teoria cuantică şi teoria relativităţii - „teoriile" corzilor, gravitaţia cuantică cu bucle, de exemplu -, dar, după cum am văzut, acestea nu au fost încă testate din punct de vedere ştiinţific. În plus, fiecare ridică diferite probleme: oportunitatea relativităţii generale pentru prezicerea sau chiar descrierea universului ca întreg, respectiv natura realităţii în teoria cuantică.

Oportunitatea relativităţii generale

Astronomii şi fizicienii au adoptat teoria relativităţii generale a lui Einstein pentru că încorpora gravitaţia în teoria relativităţii restrânse, descriind astfel toate forţele cunoscute, şi pentru că explica precesia anormală a planetei Mercur la punctul de maximă apropiere faţă de Soare, ceea ce mecanica newtoniană nu reuşise să facă. Dar această teorie este oare oportună pentru a face predicţii sau chiar pentru a descrie universul ca întreg?

Teoria relativităţii generale nu este o ecuaţie care să prezică o soluţie unică în funcţie de nişte condiţii iniţiale specifice; conţine un set de zece ecuaţii în care pot fi introduse câmpuri scalare arbitrare, anumiţi parametri şi anumite valori ale acestor parametri. Astfel, Einstein a putut să aleagă un parametru şi o anumită valoare a acelui

parametru pentru a produce un univers static, alţi cosmologi au putut să aleagă un câmp scalar cu diverse valori pentru a produce diverse universuri inflaţionare, Hoyle şi colegii săi au putut să aleagă un câmp scalar identic, dar cu alte valori ale altor parametri pentru a produce un univers în stare cvasistaţionară, Steinhardt şi Turok au putut să aleagă un alt câmp scalar şi, de asemenea, alţi parametri şi alte valori pentru a produce un univers ciclic în care energia întunecată nu este o constantă, ci evoluează dinamic.

Toţi au pretins că versiunea lor de univers este în concordanţă cu datele observaţionale, deşi nu există de fapt nici o dovadă pentru existenţa vreunui câmp scalar inflaţionar sau de energie întunecată, în vreme ce, spre exemplu, există dovezi pentru existenţa unui potenţial câmp electric scalar. De fapt, după cum a arătat Ellis[54], este perfect posibil să mergem înapoi pe firul demonstraţiei matematice pentru a alege exact parametrii care duc la rezultatele dorite. Ca să-l parafrazăm pe Humpty Dumpty din Alice în ţara din oglindă de Lewis Carroll, atunci când aleg câmpurile scalare, parametrii şi valorile lor, ecuaţiile relativităţii generale înseamnă exact ce aleg eu să însemne - nici mai mult, nici mai puţin. (Carroll era, bineînţeles, matematician.)

Setul de ecuaţii le-a permis, de asemenea, susţinătorilor modelului inflaţionar, modelului ciclic sau modelului stării cvasistaţionare să se folosească de gravitaţie pentru a asigura universului propus de modelul lor o sursă nesfârşită de energie care să producă materie şi să susţină expansiunea lui în ciuda uriaşei forţe de atracţie exercitate de materia superdensă astfel creată[55]. Deşi sursele inepuizabile de energie pot exista - la fel ca unicornii şi zeii - în lumea conceptuală din care face parte şi matematica, e discutabil dacă toate acestea pot să existe şi în lumea fizică.

Realitatea lumii cuantice

Chestiunea măsurii în care formele coerente din punct de vedere matematic reprezintă lumea reală apare din nou atunci când luăm în discuţie teoria cuantică, unul dintre cele mai dificile şi mai tehnice concepte ştiinţifice.

Pg.119

Ecuaţiile şi principiile care constituie teoria cuantică au avut un succes remarcabil în a face predicţii testate experimental - cea mai importantă se referă la numărul şi structura atomică a elementelor care pot exista şi la felul în care se leagă atomii lor pentru a produce molecule, oferind astfel baza teoretică a chimiei. Cu toate acestea, teoria cuantică i-a tulburat pe aceia dintre creatorii ei, precum Einstein, Erwin Schrodinger sau Louis de Broglie, care au adoptat perspectiva filozofică a realismului, prin care ştiinţa explică realitatea aşa cum este ea în absenţa noastră. Motivul este acela că lumea pe care o descrie teoria cuantică este paradoxală, intrinsec incertă, dependentă de măsurători şi indeterministă, cu alte cuvinte, o lume care permite existenţa unor efecte fără cauze.

Această teorie a oferit multe interpretări pentru ce înseamnă în realitate ecuaţiile ei. De exemplu, susţine că un electron se comportă atât ca o particulă, cât şi ca o undă. La fel se comportă şi lumina. Unda nu este o undă de lucruri fizice, precum undele de apă, ci este o undă de informaţie. Putem face o analogie cu un val de crime, care ne spune unde anume este mai probabil să aibă loc o anumită crimă. O undă cuantică ne spune unde există probabilitatea să se găsească o anumită particulă şi probabilitatea ca aceasta să aibă anumite proprietăţi, precum rotaţia sau energia. Nu este localizată: este infinită în mărime şi conţine toate stările posibile de existenţă ale entităţii cuantice. Astfel, un electron poate fi oriunde.

Conform interpretării standard (cunoscută drept modelul Bohr sau modelul Copenhaga), ceea ce nu poate fi măsurat nu are o existenţă fizică. Funcţia de undă colapsează în probabilitatea unei particule fizice cu o poziţie, o inerţie şi o energie determinate numai atunci când este măsurată. Nu putem însă măsura simultan poziţia exactă a unei particule, inerţia ei exactă şi energia ei exactă la un anumit moment.

Interpretarea standard spune că nici o realitate independentă în sensul fizic obişnuit nu poate fi atribuită fenomenului cuantic sau acţiunii de măsurare. Mulţi dintre susţinătorii ei, precum laureatul Nobel Eugene Wigner, sunt de părere că măsurarea presupune prezenţa unui observator dotat cu conştiinţă. Aceasta nu pune mari probleme atunci când, să spunem, măsurăm dispersia unei raze solare care trece printr-o placă cu fante. Ridică însă probleme atunci când

luăm în considerare realitatea universului sau a electronilor, barionilor şi fotonilor care s-au materializat în urma unui Big Bang.

Distinsul fizician teoretician John Wheeler, un colaborator al lui Einstein spre sfârşitul vieţii acestuia, a dus ipoteza realităţii fizice dependente de prezenţa unui observator conştient la concluzia sa logică. El a afirmat că universul are nevoie, pentru a exista, de prezenţa unor observatori conştienţi care să-l facă real, nu doar azi, ci şi retrospectiv, la momentul Big Bangului. Universul exista într-un fel de stare probabilistică indeterminată, fantomatică, până când fiinţele conştiente l-au observat, colapsând astfel funcţia de undă pentru întregul univers şi conferindu-i existenţă fizică.

Pg.120

Alte interpretări, precum cea a multiversului cuantic propusă de Everett (de care mă voi ocupa în capitolul următor) au încercat să evite acest tip de probleme, dar au creat altele.

Infiniţi într-un cosmos fizic

Teoria cuantică are de asemenea o problemă cu infiniţii. Descrierea pe care o face mecanica cuantică unui câmp, precum câmpul electromagnetic, atribuie valoare fiecărui punct din spaţiu. Asta produce un număr infinit de variabile, chiar şi într-un volum finit; fiecare dintre aceste variabile are o valoare care, conform teoriei cuantice, poate fluctua incontrolabil. Conform lui Smolin, astfel pot fi prezise o infinitate de numere pentru probabilitatea ca un anumit eveniment să se întâmple, precum şi pentru tăria unei anumite forţe.

Pe lângă faptul că permite existenţa unei surse infinite de energie, teoria relativităţii generale are şi alte probleme cu infiniţii. După cum am văzut în capitolul 456, în interiorul găurii negre densitatea materiei şi forţa câmpului gravitaţional devin infinite, şi tocmai acest lucru se presupune că se întâmplă dacă mergem înapoi pe firul expansiunii universului până la momentul Big Bangului. Totuşi, atunci când densitatea devine infinită, ecuaţiile relativităţii generale îşi pierd valabilitatea.

Drept consecinţă a supoziţiilor simplificatoare care au fost făcute pentru a rezolva ecuaţiile relativităţii generale, atât modelul plat al universului (cel ortodox), cât şi modelul hiperbolic sunt în mod necesar infinite ca întindere. Dacă oricare din ele ar avea o limită finală, ar contrazice supoziţia că universul arată la fel privit din orice punct57. Cei mai mulţi cosmologi nu văd în asta o problemă. Max Tegmark se întreabă: „Cum ar putea spaţiul să nu fie infinit?“32

Unele ipoteze susţin că, într-un multivers care include toate universurile posibile, există implicit un număr infinit de universuri.

Infinitul este însă altceva decât un număr foarte mare. David Hilbert, cel care a construit în bună măsură fundamentele matematicii

secolului XX, spunea:

Principalul nostru rezultat este că infinitul nu poate fi întâlnit nicăieri în realitate. Nici nu există în natură, nici nu oferă o bază legitimă pentru gândirea raţională.[33]

Dacă Hilbert are dreptate, atunci ipotezele care folosesc infiniţi pentru a descrie lumea fizică nu sunt valide.

Pg.121

Dacă Hilbert se înşală într-atât de mult încât constructul matematic al infinitului de fapt are un corespondent în lumea fizică, pe care însă noi, în calitate de fiinţe finite, nu suntem capabili să-l percepem, atunci nu putem niciodată să validăm sau să respingem o asemenea ipoteză prin metoda ştiinţifică.

Chiar dacă Hilbert se înşală întru totul şi numai incapacitatea noastră actuală de a crea teste empirice pentru ipoteze ce implică infiniţi ne limitează, astfel de ipoteze rămân problematice. De exemplu, mai multe conjecturi cosmologice alternative discutate în capitolul 5 susţin că universul este etern. În acest caz, subliniază Ellis, dacă un eveniment se întâmplă într-un moment oarecare în timp, orice asemenea conjectură trebuie să explice de ce el nu s-a întâmplat mai înainte, având în vedere că a existat un timp infinit în care s-ar fi putut petrece.[34]

Voi vorbi despre principiul entropiei în creştere în cadrul discuţiei despre evoluţia materiei. Aici este suficient să precizăm că această lege fizică susţine că, în timpul oricărui proces dintr-un sistem izolat, dezordinea creşte până când se atinge o stare de echilibru. Universul este sistemul izolat suprem, din moment ce, prin definiţie, fie conţine întreaga materie şi energie care există, fie este deconectat de celelalte universuri dintr-un prezumtiv multivers. Urmează că, dacă acest principiu fizic este valid în univers şi dacă universul are o existenţă infinită, atunci şi-ar fi atins starea finală de echilibru cu un timp infinit în urmă, iar noi n-am mai fi vii, deci n-am mai putea să reflectăm asupra acestei probleme.[35]

Inadecvarea matematicii

Newton a dezvoltat o nouă ramură a matematicii - calculul integral -, care a jucat un rol crucial atunci când şi-a formulat legile fizice. Fizicienii teoreticieni şi cosmologii de la Einstein încoace au folosit în general, uneori adaptând-o, o matematică preexistentă - geometria diferenţială a spaţiului cvadridimensional, teoriile de etalonare, câmpurile scalare ş.a.m.d. - pentru a-şi exprima şi a-şi cuantifica ideile despre originea şi evoluţia universului. După cum am văzut, matematica unora dintre aceste idei nu mai funcţionează atunci când ne întoarcem către originea universului, sau nu corespunde realităţii aşa cum o cunoaştem. Poate că va fi nevoie să inventăm o nouă

matematică pentru a exprima şi a cuantifica o teorie completă a originii şi evoluţiei universului. O astfel de teorie ar explica tot ceea ce explică teoria relativităţii la scară mare şi tot ceea ce explică teoria cuantică la scară subatomică.

LIMITĂRILE INTRINSECE ALE ŞTIINŢEI

Aşa cum am văzut, multe dintre conjecturile avansate pentru a explica originea universului nu numai că rămân netestate, ci se dovedesc netestabile: dacă nu putem detecta un fenomen sau nu-i putem atribui un efect asupra a ceva ce putem detecta, atunci nu-l putem testa propriu-zis. Aceste teorii netestabile nu se încadrează în domeniul ştiinţei, care este o disciplină empirică.

CONCLUZII

În ciuda anunţurilor prea entuziaste şi uneori triumfaliste făcute de cercetători după analiza datelor culese în urma unor observaţii îndelungate şi costisitoare, cosmologia se confruntă cu dificultăţi practice considerabile. De asemenea, are probleme cu interpretarea datelor brute, printre care se numără caracterul discutabil al supoziţiilor de bază, adesea neexprimate limpede. Prin urmare, nu cunoaştem cu exactitate valoarea multor parametri-cheie, precum constanta Hubble sau densitatea universului, şi, în consecinţă, vârsta şi rata de expansiune a universului. Nici modelul ortodox al Big Bangului modificat semnificativ, nici alte conjecturi concurente nu furnizează teorii solide din punct de vedere ştiinţific pentru a explica originea şi forma universului. Mai mult, fiecare din cele două teorii care stau la baza tuturor modelelor - relativitatea şi mecanica cuantică - este implicit incompletă şi adesea are propriile probleme.

Pe măsură ce se îmbunătăţesc tehnicile de detectare, iar interpretările şi teoriile se dezvoltă ca răspuns la noile date şi noile idei, limitările de ordin practic, interpretativ şi teoretic vor fi depăşite, iar cosmologia ne va oferi o mai bună cunoaştere a originii universului şi, astfel, a originii materiei din care suntem formaţi.

Totuşi, până când cosmologii vor da o nouă definiţie a ştiinţei şi a metodei ştiinţifice, care să fie acceptabilă atât pentru comunitatea ştiinţifică, cât şi pentru mai larga comunitate intelectuală, multe dintre „teoriile" cosmologice trebuie privite ca nişte conjecturi netestabile şi, de aceea, rămân în afara domeniului ştiinţei.

Se poate obiecta, desigur, că domeniul cosmologiei este diferit de alte ramuri ale ştiinţei în trei privinţe, pe care le-am pomenit la începutul capitolului, şi că, în consecinţă, dacă vom constrânge cosmologia să se supună metodologiei ştiinţifice, puterea ei explicativă va scădea. Acest argument poate fi folosit pentru a justifica

felul în care cosmologii trec peste convenţiile ştiinţei pentru a explica universul. De aceea, în următorul capitol voi verifica dacă conjecturile cosmologice produc idei convingătoare chiar dacă nu trec testele mai stricte ale ştiinţei.

Pg.123

CAPITOLUL 7
Rezonabilitatea conjecturilor cosmologice

Prin spaţiu, universul mă cuprinde şi mă înghite ca pe un punct; prin gândire, eu îl înţeleg.
Blaise Pascal, 1670

Raţiunea este revelaţie naturală.
John Locke, 1690

Atunci când evaluăm rezonabilitatea explicaţiilor cosmologice care se află în afara domeniului empiric al ştiinţei trebuie să ne punem două întrebări: Care ar trebui să fie aria de acoperire a unor astfel de conjecturi? Cum le putem testa rezonabilitatea? În lumina răspunsurilor la aceste întrebări, voi examina conjecturile cosmologice din două arii de interes: originea universului şi forma universului, pentru că ambele sunt fundamentale pentru înţelegerea originii materiei din care suntem formaţi.

ARIA DE ACOPERIRE A CONJECTURILOR COSMOLOGICE

Conjecturile cosmologice trebuie oare să se limiteze la elementul material al cosmosului?

Mulţi oameni de ştiinţă sunt materialişti, şi pentru ei aceasta e o întrebare trivială, deoarece consideră că universul material chiar este tot ceea ce există şi că lucruri precum conştiinţa, mintea ş.a.m.d. vor fi în cele din urmă explicate de ştiinţă în termeni de materie şi interacţiuni ale materiei. Totuşi, conform criteriului lui Popper, o astfel de perspectivă este ea însăşi neştiinţifică, fiindcă nu poate fi niciodată falsificată.

Cred că este rezonabil să extindem aria de acoperire a conjecturilor prin examinarea lucrurilor nemateriale care au o relevanţă directă în raport cu originea şi evoluţia universului material. Asta naşte o serie de întrebări metafizice interconectate; pot fi văzute drept aspecte diferite ale aceleiaşi întrebări, dar ajută să le separăm în trei categorii, chiar dacă această clasificare este arbitrară şi permeabilă.

Cauza legilor fizicii

Cele mai multe explicaţii cosmologice susţin sau presupun că materia se comportă şi evoluează conform legilor fizicii. Prin urmare, întrebarea de bază este ce anume a făcut aceste legi să existe.

Pg.124

După cu vom vedea în capitolul 28, în care voi examina evoluţia gândirii filozofice, nu există un răspuns limpede. Până şi Aristotel, raţionalistul prin definiţie, a fost nevoit, urmând lanţul cauzalităţii, să conchidă că prima cauză trebuie să fie propria sa cauză, eternă, neschimbătoare, fără atribute fizice şi, prin urmare, divină.

Natura legilor fizicii

Dacă mergem puţin mai departe, ne putem întreba care este natura legilor fizicii. Această întrebare poate fi descompusă în trei întrebări:[1]

1. Sunt descriptive sau prescriptive?

Dacă nu fac decât să descrie cum sunt lucrurile, de ce întreaga materie şi interacţiunile ei (forţele) au aceleaşi proprietăţi peste tot în universul observabil? De ce toţi electronii sunt identici? De ce forţa electromagnetică se calculează la fel peste tot? Dacă, pe de altă parte, aceste legi determină felul în care sunt lucrurile, atunci materia va fi în mod necesar la fel peste tot, presupunând că legile sunt la rându-le invariabile. În acest caz, cum se pot impune legile fizicii asupra materiei din univers?

2. Preexistă universului şi îi controlează apariţia, apar odată cu universul, sau există dintotdeauna laolaltă cu un univers etern?

Dacă totul a început cu Big Bangul, cum ar putea fi create asemenea legi într-un eveniment de creaţie fără legi? Dacă nu, atunci cum au putut să preexiste universului? Dacă universul este etern, legile fizice sunt la rândul lor neschimbătoare şi etern coexistente cu universul, sau se schimbă de-a lungul timpului infinit?

3. De ce sunt exprimate prin relaţii matematice care, în cele mai multe cazuri, sunt foarte simple?

Cu câteva excepţii notabile, precum relativitatea generală, majoritatea legilor fizice se exprimă prin ecuaţii foarte simple, de exemplu legea inversului pătratului forţei electromagnetice. De ce se întâmplă asta? Matematica descrie sau determină legile fizice? Care este natura matematicii?

Cosmologul Max Tegmark, de la MIT, spune că o structură matematică este „o entitate abstractă, imuabilă, care există în afara spaţiului şi timpului"[2]. (Această conjectură neagă implicit materialismul.)

Pg.125

Roger Penrose îl urmează şi el pe Platon şi afirmă că există „dovezi puternice (dar incomplete)“ că formele matematice au o realitate obiectivă în afara lumii fizice. Mai mult, în timp ce numai o mică parte a acestei lumi matematice are relevanţă pentru lumea fizică din care facem parte, aceasta este în întregime guvernată de legi matematice. Dacă lucrurile stau aşa, atunci „chiar şi acţiunile noastre fizice s-ar conforma în întregime unui asemenea control matematic suprem, unde «controlul» ar putea totuşi să permită anumite acţiuni întâmplătoare guvernate de principii probabilistice stricte.“[3]

Conjectura care spune că formele matematice există ca o realitate transcendentă în afara universului fizic şi că ele cauzează şi/sau guvernează universul trebuie să explice cum poate o formă matematică să genereze şi/sau să controleze un univers material.

Biserica creştină a asimilat cu mult timp în urmă această noţiune platoniciană şi a dat o explicaţie simplă: realitatea transcendentă este Dumnezeu. În consecinţă, marea majoritate a celor mai importanţi oameni de ştiinţă din Occident, începând cu prima revoluţie ştiinţifică de la jumătatea secolului al XVI-lea, apoi de la mijlocul secolului al XVIII-lea şi până la începutul secolului XX - Copernic, Kepler, Newton, Descartes, până la Einstein - au încercat să descopere legile matematice care guvernează universul nostru ca modalităţi de a descoperi chiar „mintea lui Dumnezeu", ca să folosim memorabila formulare a lui Stephen Hawking.

Keith Ward, preot anglican şi fost profesor de teologie la Oxford, a încercat să dea o explicaţie raţională argumentând că necesităţile matematice există cu adevărat numai atunci când sunt concepute de o anumită conştiinţă. Pentru o teorie matematică a tuturor lucrurilor, acea conştiinţă are în mod necesar atributele lui Dumnezeu, mintea supremă care există în sine.[4]

Ideea non-religioasă a unor forme matematice transcendente care guvernează un univers fizic a fost dusă la o concluzie logică de misticul şi ecologistul Duane Elgin. El vorbeşte despre o „evoluţie dimensională“ în care universul este un sistem viu ţinut laolaltă prin influenţa unificatoare a unei „geometrii sacre cu o subtilitate extraordinară, o structură profundă şi ţeluri de mare eleganţă". Aceasta impregnează cosmosul şi oferă cadrul organizator pentru manifestarea ordonată a universului nostru material, precum şi contextul organizator pentru evoluţia vieţii. Geometria sacră este

creaţia „Meta-universului“, care este „o Forţă vitală inimaginabil de vastă, inteligentă dincolo de puterea noastră de înţelegere şi infinit creativă care a ales să confere existenţă manifestă cosmosului nostru"[5]. Dacă acest Meta-univers nu este chiar Dumnezeul personal intervenţionist al iudeo-creştinismului şi islamului, el seamănă totuşi destul de mult cu vechile reprezentări ale lui Brahman şi Dao[58].

Pg.126

Lee Smolin, pe de altă parte, crede că a doua revoluţie ştiinţifică eliberează ştiinţa de această viziune fundamental spirituală asupra lumii. „Ceea ce leagă relativitatea generală, teoria cuantică, selecţia naturală şi noile ştiinţe ale sistemelor complexe şi auto-organizate este faptul că sunt moduri diferite de a descrie o lume care este un întreg prin ea însăşi, fără a fi nevoie de o inteligenţă exterioară care să o fi inventat, care s-o organizeze şi s-o observe din afară.“[6] Ingredientele noi în acest caz sunt teoriile selecţiei naturale, complexităţii şi sistemelor auto-organizatoare. Din moment ce ele sunt în general invocate pentru a explica apariţia vieţii, mă voi abţine să le discut până în partea a doua.

TESTAREA CONJECTURILOR COSMOLOGICE

Dacă tot nu există nici un mijloc predictibil sau măcar posibil de a testa conjecturile cosmologice prin experiment şi observaţie, atunci ce teste ar trebui să folosim pentru a le evalua şi a le determina rezonabilitatea în raport cu, să spunem, aceea a mitului apariţiei lumii dintr-un ou?

De obicei sunt folosite următoarele explicaţii.

Frumuseţea

Fizicienii teoreticieni caută adesea aspectul estetic în teoriile şi ecuaţiile lor. Aşa cum a spus specialistul în fizică cuantică Paul Dirac, „este mai important să găseşti ecuaţii frumoase decât să le vezi confirmate prin experiment“. Steven Weinberg, laureat Nobel şi specialist în fizica particulelor, observa de asemenea că „fizicienii au fost mereu călăuziţi de simţul frumosului, nu doar în căutarea unor noi teorii, ci şi în evaluarea validităţii teoriilor fizice construite"[7].

Dar frumuseţea este subiectivă. Putem spune, de pildă, despre constanta π, care apare în multe ecuaţii şi are valoarea 3,141592653... (valoarea exactă nu poate fi calculată), că este frumoasă? Poate spune cineva că ipoteza sau conjectura lui este mai frumoasă decât ale altora? Povestea creaţiei din primul capitol al Genezei este frumoasă?

Dacă aceşti teoreticieni vor să spună de fapt că au o ipoteză care explică frumos un set de fenomene, atunci vorbim despre altceva; voi examina în altă parte căi alternative de cunoaştere în raport cu raţionarea. Nu cred însă că frumuseţea este un test adecvat pentru

rezonabilitatea unei conjecturi ştiinţifice.

Parcimonia

Mai este numită economicitatea unei teorii, simplitatea ei sau briciul lui Occam. Înseamnă, în esenţă, că, dintre mai multe explicaţii concurente ale datelor, este preferabilă cea mai puţin complexă.

Cred că este un principiu util ca regulă generală, dar trebuie folosit cu circumspecţie şi numai laolaltă cu alte teste, pentru că e discutabil dacă alte explicaţii trec cu mai mult succes acest test. De exemplu, s-ar putea spune că cea mai simplă explicaţie pentru legile fizicii este că Dumnezeu sau un zeu le-a făcut aşa cum sunt.

Pg.127

Concordanţa internă

O conjectură ar trebui să fie coerentă, adică să aibă o anumită concordanţă logică internă astfel încât părţile ei să poată forma împreună un întreg armonios. Dacă are o contradicţie internă, atunci conjectura este în mod cert nerezonabilă. Prin urmare, acest test este esenţial.

Concordanţa externă cu dovezile

Se poate arăta că o conjectură este în concordanţă cu dovezile cunoscute, chiar dacă nu poate face predicţii sau retrodicţii care să poată fi testate independent.

Acesta este un test util, deşi nu suficient pentru validarea ştiinţifică.

Concordanţa externă cu alte teorii ştiinţifice

Aceasta este ceea ce Edward O. Wilson, preluând termenul de la filozoful de secol XIX William Whewell, numeşte consilienţă: conjectura se află în acord cu teorii verificate convingător din alte domenii ştiinţifice, formând împreună cu ele o bază comună pentru explicaţie.

Dacă nu este posibil să arătăm concordanţa cu dovezile în interiorul domeniului de studiu al unei anumite conjecturi, atunci concordanţa cu alte teorii ştiinţifice contemporane este un test util.

ORIGINEA UNIVERSULUI

Principalele conjecturi cosmologice cu privire la originea universului se împart în două categorii: cele care postulează că universul are un început şi cele care susţin că universul este etern.

Modelul ortodox: Big Bangul

Exemplul de bază pentru prima categorie este modelul ortodox curent al Big Bangului, care însă, după cum am văzut în capitolul 4, nu explică cum a fost creată materia din nimic. Încercările de a face acest lucru au dus la conjectura energiei nete zero a universului, în care energia negativă compensează exact energia pozitivă reprezentată de masa de repaus şi de energia cinetică a materiei şi radiaţiei[59] L-a făcut pe Guth să numească universul „o masă gratuită".

Pg.128

Totuşi, dacă Big Bangul este începutul pentru tot, inclusiv pentru spaţiu şi timp, atunci nu există un univers cu energie netă zero care să furnizeze energia pentru tot ce urmează şi nici un vid iniţial care să se supună legilor teoriei cuantice. Această conjectură nu trece testul esenţial al concordanţei interne.

Dacă, aşa cum susţin azi teoreticienii inflaţiei, Big Bangul s-a produs la sfârşitul unei perioade de inflaţie, atunci aceasta nu este un adaos la modelul de bază, ci o contradicţie cu afirmaţia lui centrală. Nici măcar cosmologii nu pot să aibă un prânz gratis şi să-l şi mănânce: fie Big Bangul a fost începutul a toate, fie nu a fost.

Deşi cosmologii numesc actualul model ortodox al Big Bangului modelul cosmologic standard sau modelul de concordanţă, poate că el este descris mai corect astfel: Modelul-grupului-de-conjecturi-ale-inflaţiei-bazate-pe-fluctuaţia-cuantică-fie-înainte-fie-după-Big-Bangul-fierbinte-cu 27%-materie-întunecată-necunoscută-şi-68%-energie-întunecată-necunoscută.

Versiunile care spun că inflaţia s-a produs înainte de Big Bang au o concordanţă internă mai mare decât a celor în care Big Bangul este începutul a tot şi decât miturile iudeo-creştine şi islamice ale creaţiei divine[60]. Totuşi, fiindcă nu propun o explicaţie credibilă pentru ce sunt şi în ce fel apar materia întunecată şi energia întunecată, nu pot pretinde că sunt parcimonioase şi nici măcar că au o putere explicativă mare, din moment ce la ora actuală nu pot explica 95% din ceea ce oricum se crede a fi doar o infimă parte din univers. Mai mult, din moment ce aceste versiuni nu explică de unde provin vidul cuantic, legile mecanicii cuantice şi câmpul inflaţionar, e greu de spus că sunt mai rezonabile şi mai argumentate decât credinţele că Brahman sau Dao sunt realitatea supremă care există în afara spaţiului şi timpului, din care a apărut totul şi din care este format totul.

Conjecturile multiversului

Motivate mai ales de nemulţumirea cu privire la explicaţia cosmologică ortodoxă a originii universului, alte idei, precum modelul inflaţionar haotic al lui Linde, teoria selecţiei naturale a găurilor negre

a lui Smolin sau peisajul de posibilităţi din conjectura corzilor, speculează că universul nostru e pur şi simplu unul dintr-un număr foarte mare, dacă nu chiar dintr-o infinitate, de alte universuri dintr-un multivers.

Deşi aceste sugestii pot explica de unde şi cum a apărut universul nostru, ele nu fac decât să amâne problema originilor: nu reuşesc să explice de unde, cum şi de ce a apărut multiversul, sau universul-părinte, cum îl numeşte Smolin. Dacă ar susţine că multiversul este etern, asta nu explică de ce şi cum ar fi apărut universul nostru la un anumit moment în timp şi nu în oricare altul din infinitatea de momente ale eternităţii dinaintea lui.

Pg.129

Mă voi referi la rezonabilitatea altor afirmaţii despre multivers în următoarea secţiune, „Forma universului".

Modelele „eterne"

În capitolul 5 am examinat câteva dintre autoproclamatele modele eterne ale universului, precum inflaţia haotică eternă, universul oscilant sau universul ekpyrotic ciclic. Am văzut că, deşi matematica permite ca aceste universuri să continue la nesfârşit în viitor, fiecare dintre ele are un început. Evident, nu poate exista un univers „semietern", care să aibă un început, dar să nu aibă şi un sfârşit, prin urmare aceste teorii pică testul concordanţei interne.

Tot în capitolul 5 am arătat cum Hoyle şi colegii lui au modificat modelul iniţial al stării staţionare pentru a produce o cosmologie a stării cvasistaţionare (CSCS). Ideea ei centrală este că universul e etern şi îşi continuă expansiunea la nesfârşit: atât timpul, cât şi spaţiul sunt infinite.

Nu există o contradicţie logică între infinitatea spaţiului şi faptul că se extinde în continuare, deci o astfel de conjectură are concordanţă internă.

Totuşi, CSCS încearcă să obţină concordanţa externă cu datele observaţionale susţinând că mini-Big Banguri non-singulare creează continuu regiuni cu materie nouă în cicluri care produc o expansiune în stare staţionară a universului pe termen lung. Creaţia din nimic printr-o serie nesfârşită de mini-explozii nu e cu nimic mai rezonabilă decât creaţia din nimic printr-un Big Bang. Mai mult, deşi CSCS evită problema singularităţii pentru fiecare ciclu, extrapolând înapoi expansiunea totală a universului ajungem la un univers infinit de mic care nu mai poate fi deosebit de o singularitate. Putem spune atunci că acesta ar fi un început al universului, care, astfel, nu mai poate fi considerat etern.

FORMA UNIVERSULUI

Cum începe să existe universul într-o anumită formă dintre toate formele posibile din punct de vedere logic? Aceste forme alternative includ universuri cu alte constante fizice, sau cu alte legi fizice, sau cu un număr diferit de dimensiuni ş.a.m.d. Această întrebare este o parte esenţială din mai larga întrebare antropică: de ce este universul nostru reglat fin pentru a permite evoluţia oamenilor?

Reglajul fin al parametrilor cosmologici

În capitolul 4 am văzut că Martin Rees a susţinut că dacă oricare dintre cei şase parametri cosmologici ar avea o valoare fie şi numai cu puţin diferită de valoarea lui prezentă, atunci universul n-ar fi putut evolua astfel încât să permită apariţia vieţii pe bază de carbon şi a fiinţelor dotate cu judecată, cum suntem noi. Legile fizicii nu prezic valoarea acestor parametri, iar actualul model cosmologic ortodox nu poate explica de ce şi cum aceşti parametri sunt atât de fin reglaţi.

Pg.130

Cei şase parametri sunt:

1.*Omega (Ω): o măsură a atracţiei gravitaţionale a materiei din univers în raport cu energia sa de expansiune.*

Dacă a existat un Big Bang, atunci când universul avea doar o secundă valoarea lui Omega trebuie să fi fost cuprinsă între 0,99999999999999999 şi 1,00000000000000001, altfel universul fie ar fi ajuns rapid la Big Crunch, fie s-ar fi extins prea rapid în gol[61].

2.Lambda (Λ): constanta cosmologică.

După cum am văzut în capitolul 4, această prezumtivă constantă care reprezintă o energie întunecată, antigravitaţională, necunoscută este discutabilă, la fel ca multe dintre supoziţiile care stau la baza estimării ei. Totuşi, constituie o parte fundamentală din actuala cosmologie ortodoxă, iar valoarea pe care au estimat-o cosmologii este incredibil de mică, de circa 10^{-29} grame pe centimetru cub. Dacă nu ar fi fost atât de mică, spune Rees, efectul ei ar fi oprit formarea de stele şi de galaxii, iar evoluţia cosmică ar fi fost înăbuşită înainte să înceapă.

3.Nu (N): raportul dintre intensitatea forţei electromagnetice şi cea a forţei gravitaţionale.

Valoarea ei este de aproximativ 10^{36} (1.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000).

Forţa electromagnetică asigură stabilitatea atomilor şi moleculelor, echilibrând forţa de atracţie şi forţa de respingere a nucleelor şi electronilor cu sarcini opuse. La această scară, forţa gravitaţională relativ mică este neglijabilă. La scara planetelor,

care sunt aproape neutre din punct de vedere electric şi mult mai mari, forţa gravitaţională predomină. Dacă *Nu* ar fi fost doar cu câteva zerouri mai mic, o astfel de forţă gravitaţională puţin mai puternică ar fi dus la un univers în miniatură, de scurtă durată, nu s-ar fi format nici un fel de structuri complexe şi nu ar fi fost timp pentru evoluţia biologică.
Pg.131

4.Q: măsoară cât de strâns sunt legate între ele structuri precum stelele, galaxiile, roiurile de galaxii şi superroiurile.

Este raportul dintre două energii: energia necesară pentru a sparge şi a dispersa aceste structuri cosmice în comparaţie cu energia totală a masei lor de repaus, calculată prin formula $E = mc^2$. A fost estimată la aproximativ 10^{-5} sau 0,00001. Dacă Q ar fi fost şi mai mic, universul ar fi inert şi lipsit de structură. Dacă Q ar fi fost mult mai mare, stelele şi sistemele solare n-ar fi supravieţuit: universul ar fi dominat de găuri negre.

5.Epsilon (e): măsoară cât de puternic sunt legate între ele nucleele de heliu.

Reacţia nucleară în lanţ esenţială pentru crearea tuturor elementelor şi pentru energia stelelor este fuziunea a doi protoni (nuclee de hidrogen) şi a doi neutroni într-un nucleu de heliu62. Masa unui nucleu de heliu este cu 0,7% mai mică decât suma maselor componentelor sale. Conversia a 0,7% din masă în energie, în special căldură, conform ecuaţiei $E = mc^2$, măsoară forţa care leagă la un loc părţile componente ale nucleului de heliu, contrabalansând forţa electrică repulsivă reciprocă a celor doi protoni încărcaţi pozitiv.

Dacă acest factor de conversie ar fi fost mai mic, să zicem 0,006, prima etapă a reacţiei în lanţ, legarea unui proton de un neutron, nu ar avea loc, deci nu s-ar mai produce heliu, iar universul ar fi format numai din hidrogen. Dacă ar fi mai mare, de exemplu 0,008, doi protoni s-ar lega direct, imediat, pentru a crea heliu şi nu ar mai rămâne hidrogen care să reprezinte combustibilul stelelor obişnuite sau să permită apoi sintetizarea moleculelor esenţiale pentru viaţă, cum este apa.

6.D: numărul de dimensiuni spaţiale ale universului.

În univers există trei dimensiuni spaţiale (plus o dimensiune temporală). În opinia lui Rees, o consecinţă ar fi că forţe precum electricitatea sau gravitaţia, respectă legea inversului pătratului: dacă se dublează distanţa dintre mase sau particule încărcate electric, forţa dintre ele devine de patru ori mai slabă; dacă triplăm distanţa, forţa devine de nouă ori mai slabă ş.a.m.d. Asta permite, de exemplu, o relaţie echilibrată între mişcarea centrifugă a unei planete şi atracţia centripetă exercitată de

gravitaţia soarelui său, permiţând astfel o orbită stabilă. Dacă ar fi existat patru dimensiuni spaţiale, forţele ar respecta o lege a inversului cubului, iar structurile ar deveni instabile: dacă o planetă care orbi- teză ar fi încetinită fie şi numai puţin, s-ar prăbuşi asupra soarelui său; dacă ar fi accelerată fie şi numai puţin, ar porni în spaţiu pe o traiectorie în spirală. Dacă ar fi existat mai puţin de trei dimensiuni spaţiale, n-ar mai putea să existe structuri complexe.[8]

John Barrow şi Frank Tipler susţin că există şi alţi parametri pe lângă cei şase ai lui Rees, care sunt necesari pentru evoluţia oamenilor. Mă voi ocupa de problema „universului antropic" la momentul potrivit al acestei cercetări. Aici nu fac decât să examinez rezonabilitatea conjecturilor cosmologice pentru a răspunde la întrebarea cum şi de ce universul a luat forma pe care a luat-o, în contrast cu credinţele că Dumnezeu sau un zeu l-a creat aşa.

Pg.132

Explicaţia multiversului

Conjectura favorizată de Rees şi de majoritatea cosmologilor este explicaţia multiversului. La prima vedere, este o conjectură absolut rezonabilă. Un prezumtiv multivers neagă caracterul unic al universului în care trăim aplicând cosmosului probabilitatea. Afirmaţia sa fundamentală spune că totul este posibil şi, astfel, într-un cosmos care constă într-un număr inimaginabil, poate chiar într-o infinitate, de universuri, fiecare având proprietăţi diferite, este extrem de probabil să existe un univers cu proprietăţile universului nostru. Pur şi simplu se întâmplă să trăim în acest univers.

La o privire mai atentă, apar totuşi câteva probleme. Prima dintre acestea se referă la natura multiversului. Există aproape la fel de multe tipuri de prezumtive multiversuri câte prezumtive universuri există într-un multivers. Pot fi grupate în patru categorii principale.

1. Multiversul cuantic

Această interpretare a teoriei cuantice, care intră în conflict cu interpretarea standard (sau interpretarea Copenhaga)63, a fost propusă în 1957 de Hugh Everett. Conform acestei interpretări, toate rezultatele posibile ale fiecărui eveniment care se petrece la nivel cuantic creează universuri alternative care există în paralel, ca versiuni alternative de realitate deconectate unele de altele, pe altă ramură cuantică din spaţiul infinit dimensional. Versiunea iniţială a acestei conjecturi sugerează că asemenea universuri există cu acelaşi număr de dimensiuni spaţio-temporale ca al nostru şi că sunt descrise de aceleaşi legi ale fizicii, cu aceleaşi constante; doar rezultatele fiecărui eveniment

sunt diferite. De exemplu, o întreagă serie de rezultate ale unor evenimente la nivelul subatomic al unei femei duce la rezultate diferite la nivel macro ale întrebării „vrei să te măriţi cu mine?“ venite din partea unui bărbat. Printre altele, se va produce un univers în care ea se mărită cu el şi un altul în care nu se mărită cu el. Versiuni ulterioare sugerează că legile fizicii sunt diferite în aceste ramuri cuantice alternative ale realităţii.
Pg.133

Este discutabil dacă această conjectură a multiversului cuantic are concordanţă internă. Logic ar fi să producă un univers în care Everett însuşi construieşte această conjectură şi crede în ea şi un alt univers în care nu se întâmplă aşa. În plus, a invoca un număr inimaginabil de universuri pentru a-l explica pe cel pe care-l percepem nu pare să satisfacă principiul parcimoniei64, ceea ce e valabil pentru toate conjecturile multiversului. Pretenţia concordanţei externe cu remarcabilul succes empiric al teoriei cuantice în explicarea fundamentelor subatomice ale chimiei este seducătoare, dar ce înseamnă în realitate ecuaţiile şi principiile teoriei cuantice şi dacă pot fi extrapolate de la nivel subatomic la scara reală a universului sunt întrebări la care cele mai bune minţi din fizică şi filozofie n-au reuşit încă să răspundă.

2. Multiversul cosmologic slab

Aceste multiversuri au fost concepute de cosmologii ortodocşi pentru a da seama de reglajul fin al parametrilor fizici esenţiali în crearea mediului fizico-chimic în care viaţa umană să poată evolua aşa cum a evoluat în universul nostru, aşa-numitul „univers antropic". Cele mai multe astfel de conjecturi sugerează că celelalte universuri fie au o durată de viaţă foarte mică, fie există în acelaşi spaţiu tridimensional cu universul nostru, dar sunt departe, dincolo de orizontul nostru de contact. (Prin contrast, într-un multivers cuantic nu există distanţe fizice care să separe universurile de pe ramuri cuantice paralele.)

Am numit „slab" acest tip de multivers pentru că se presupune că variază doar valoarea constantelor sau a parametrilor fizici - precum sarcina unui electron sau valoarea constantei gravitaţionale; susţinătorii lui nu explică de ce, într-un multivers în care se poate întâmpla orice, variază numai constantele, în vreme ce legile fizicii rămân aceleaşi. A presupune că legile fizicii pe care le observăm într-o parte minusculă a unui univers sunt aceleaşi ca în alte universuri, despre care nu ştim nimic, este nerezonabil.

Spre deosebire de alte versiuni, conjectura propusă de

Smolin, a unui multivers care a evoluat prin selecţia naturală a găurilor negre, necesită concordanţă externă cu alte teorii ştiinţifice, întrucât selecţia naturală operează în biologie. De întrebarea dacă în evoluţia biologică selecţia naturală a fost dovedită în sens ştiinţific mă voi ocupa în partea a doua, dar pare că răspunsul e da. Totuşi, şi această conjectură depinde de o serie de supoziţii discutabile, dintre care cel puţin trei sunt nerezonabile, cum am văzut în capitolul 5[65].

3. Multiversul cosmologic moderat

Ideile cuprinse în această categorie permit variaţia unor factori diferiţi de constantele fizice. Un exemplu se referă la universurile cu diferite dimensiuni. Conjecturile corzilor speculează că universul tridimensional pe care-l percepem este parte a unui megavers cu 11 dimensiuni (acest număr a variat în trecut şi se poate schimba în viitor).[66]

Un alt exemplu provine din peisajul posibilităţilor propus de conjecturile corzilor, în care toate megaversurile posibile au constante, legi ale fizicii şi număr de dimensiuni diferite.[67]

Chiar dacă permit mai multă variaţie decât versiunea „slabă“, aceste conjecturi nu permit universuri care să nu fie descrise de „teoria" corzilor şi nu explică de ce se întâmplă asta.

În plus, după cum am văzut în secţiunea numită „Probleme ale teoriei corzilor“[68], în vreme ce fiecare teorie a corzilor are concordanţă internă, Smolin face o demonstraţie convingătoare a lipsei de concordanţă externă cu dovezile şi conchide că „toate versiunile pe care le putem studia suficient de detaliat intră în contradicţie cu observaţiile"[9]. De asemenea, susţine că nu sunt în concordanţă externă cu ceea ce afirmă teoria relativităţii: „Descoperirea lui Einstein că geometria spaţiului şi timpului e dinamică nu a fost încorporată în teoria corzilor."[10]

Fără mai multe rezultate pozitive la aceste teste de rezonabilitate ştiinţifică (diferită de cea matematică) pentru conjecturi, este greu de văzut în ce mod prezumtiva existenţă a altor dimensiuni poate fi susţinută cu mai multă îndreptăţire decât credinţa multor şcoli de filozofie budistă conform căreia există treizeci şi unu de tărâmuri.[11] Mai mult, ideea până acum netestabilă că materia universului nu se reduce la particule elementare, ci la corzi de energie nu pare nici mai rezonabilă, nici mai puţin rezonabilă decât perspectiva upani- şadică conform căreia prana (energia vitală) este substratul esenţial al tuturor formelor de energie şi, potrivit multor interpretări, al întregii materii.[69]

4. Multiversul cosmologic tare

Această variantă duce conjectura la concluzia sa logică: universuri în care totul este posibil.

Tegmark este un susţinător entuziast al acestei perspective, vorbind despre un multivers de nivel IV „în care nu mai este nevoie să specificăm nimic"[12].

Pg.135

Folosind o abordare platoniciană, el consideră că o structură matematică satisface un criteriu central al existenţei obiective pentru că este la fel indiferent cine o studiază: o „teoremă rămâne adevărată indiferent dacă este demonstrată de un om, de un computer sau de un delfin inteligent".

Mergând mai departe, spune că „toate structurile matematice există şi fizic. Fiecare structură matematică corespunde unui univers paralel. Elementele acestui multivers nu se găsesc în acelaşi spaţiu, ci există în afara spaţiului şi timpului". Totuşi, nu reuşeşte să explice sau să sugereze cum au apărut aceste structuri matematice.

Tegmark recunoaşte că nici o structură matematică cunoscută nu corespunde exact universului nostru şi conchide că fie vom găsi una, fie „ne vom ciocni de o limită a eficienţei nerezonabile a matematicii" şi va trebui să abandonăm acest nivel.

El susţine însă că noţiunea de multivers trece testul parcimoniei. Dimpotrivă, afirmă că argumentul conform căruia natura nu este atât de risipitoare încât să se manifeste într-o infinitate de lumi diferite pe care nu putem niciodată să le observăm poate fi transformat într-un argument în favoarea multiversului, pentru că întregul ansamblu este adesea mai simplu decât oricare dintre părţile lui. De exemplu, setul complet de soluţii ale ecuaţiilor lui Einstein este mai simplu decât o anume soluţie. „În acest sens, multiversurile de nivel mai înalt sunt mai simple." Din moment ce „multiversul de nivel IV elimină nevoia de a specifica orice [...], multiversul n-ar putea fi mai simplu."

Cred că se poate răspunde că, dacă nu specificăm nimic, multiver- sul n-ar putea fi mai lipsit de sens.

De asemenea, aceeaşi lipsă de specificitate înseamnă că este imposibil de demonstrat orice concordanţă externă semnificativă cu dovezile sau cu alte teorii ştiinţifice.

În plus, Tegmark nu ne oferă nici un motiv să ne oprim la structurile matematice. Dacă orice este posibil, asta înseamnă că un univers posibil are proprietăţi care sunt determinate nu de o structură matematică, ci de Dumnezeu, astfel încât evoluţia unor

fiinţe umane ca noi este un rezultat necesar. Dar acesta ar fi exact universul antropic apărut în urma unui plan divin pe care susţinătorii multiversului încearcă să-l contrazică.

CONCLUZII

Pg.136

Nici ştiinţa, nici raţionamentele nu oferă o explicaţie credibilă a originii şi formei universului şi, implicit, nici a originii materiei şi energiei din care suntem formaţi. Cred că nici una, nici cealaltă nu au capacitatea de a oferi această explicaţie. În viziunea lui Ellis, capacitatea ştiinţei de a răspunde la întrebări esenţiale este limitată. Dovezile pe care le-am discutat până acum în această cercetare susţin „concluzia profundă că certitudinea este imposibil de atins în privinţa fundamentelor înţelegerii în toate ariile vieţii, incluzând aici fizica fundamentală, cosmologia, precum şi filozofia şi aparent inexpugnabilul bastion al matematicii."[13] Aceasta nu este o declaraţie de disperare sau de pesimism. Dacă acceptăm limitările ştiinţei şi ale raţionamentelor umane, „putem obţine o cunoaştere satisfăcătoare şi chiar profundă a universului şi a modului în care funcţionează, o cunoaştere privită mereu ca provizorie, dar care totuşi oferă o perspectivă satisfăcătoare asupra lumii şi un temei pentru acţiune."

Să sperăm că ştiinţa va dobândi o mai mare putere explicativă odată ce vom trece de la apariţia materiei la evoluţia ei.

Pg.137

CAPITOLUL 8
Evoluţia materiei la scară mare

Trebuie să explicăm de ce universul este atât de uniform la scară mare şi în acelaşi timp trebuie să identificăm un mecanism care produce galaxii.

Andrei Linde, 2001

Oricât ar fi de impresionantă o teorie cosmologică, tot trebuie să se potrivească cu ceea ce vedem pe cer.

Michael Rowan-Robinson, 1991

După cum am văzut, actualul model cosmologic ortodox şi celelalte modele concurente sunt mai degrabă conjecturi decât teorii ştiinţifice bazate pe dovezi. Voi examina acum explicaţiile ştiinţei cu privire la felul în care materia a evoluat din starea sa primordială în forme mai complexe printre care ulterior s-au numărat şi oamenii.

evoluţie Un proces de schimbare prin care trece un anumit lucru, mai ales de la o stare simplă la una mai complexă.

Folosesc acest înţeles pentru că vreau să fie limpede că evoluţia nu se reduce la evoluţia biologică, ci este un fenomen observabil în întreg universul.

Pentru că evoluţia materiei depinde în mod critic de felul în care interacţionează diferitele elemente ale materiei, voi trece întâi în revistă accepţiunile curente ale ştiinţei cu privire la cele patru tipuri fundamentale de interacţiuni la care se reduc toate forţele naturale cunoscute. Apoi, voi prezenta explicaţia pe care o dă cosmologia ortodoxă actuală pentru evoluţia materiei la scară mare, încercând să fac distincţia dintre conjectură şi ipoteză, pe de o parte, şi teoria susţinută de dovezi serioase, pe de altă parte, şi să iau în considerare criticile rezonabile şi explicaţiile ştiinţifice alternative, acolo unde este cazul. În următorul capitol, voi examina fenomenul paralel şi înrudit al evoluţiei materiei la scară mică.

FORŢELE FUNDAMENTALE ALE NATURII

Pg.138

Subhash Kak, în prezent Profesor Regents şi şeful departamentului de ştiinţă computaţională de la Universitatea de Stat din Oklahoma, susţine că gravitaţia a fost înţeleasă şi în India antică.[1] Filozofii din secolul al IV-lea î.Hr., în frunte cu Aristotel, au făcut speculaţii despre forţa care face planetele să se mişte şi despre forţa care face obiectele să cadă pe Pământ. Cu toate acestea, lui Isaac Newton i se atribuie în general prima formulare a unei legi a gravitaţiei universale, care se aplică atât forţei prin care obiectele sunt atrase spre Pământ, cât şi forţei care ţine Luna şi planetele pe orbitele lor, lege pe care a publicat-o în 1687 în *Principia Mathematica*.

Forţa magnetică era cunoscută cel puţin din secolul al V-lea î.Hr., electricitatea statică pare să fi fost pomenită de Thales pe la anul 600 î.Hr., iar curenţii electrici au fost descoperiţi în 1747 de William Watson. Înţelegerea faptului că forţa electrică şi cea magnetică erau de fapt una şi aceeaşi a început în 1820, când Hans 0rsted a descoperit că toţi curenţii electrici produc câmpuri magnetice, iar în 1831 Michael Faraday a demonstrat că o un câmp magnetic în schimbare induce un curent electric. Între 1856 şi 1873, James Clerk Maxwell a dezvoltat teoria câmpului electromagnetic pornind de la o bază matematică, a formulat legile *electromagnetismului* şi a descoperit natura electromagnetică a luminii.

După descoperirea neutronului în 1932, Hideki Yukawa a propus, în 1935, ideea că există o forţă care se manifestă între nucleoni[70] şi care ia forma unui schimb de particule masive numite bosoni. Ideea avea să fie dezvoltată la sfârşitul anilor ’70, când specialiştii în fizica particulelor au ajuns la concluzia că nişte particule numite cuarci, şi

nu nucleonii, sunt particulele fundamentale şi că interacţiunea lor - *forţa tare* - constituie o forţă fundamentală a naturii; astfel, forţa nucleară a ajuns să fie privită ca o forţă „reziduală" a forţei tari.

Henri Becquerel a descoperit „razele uranice" în 1896, dar asta se întâmpla cu zeci de ani înainte ca oamenii de ştiinţă să înţeleagă diversele procese ale dezintegrării radioactive prin care un nucleu atomic instabil pierde energie emiţând radiaţie sub formă de particule sau de unde electromagnetice. *Forţa slabă,* responsabilă pentru un anume tip de dezintegrare radioactivă, a fost caracterizată corect pentru prima dată în 1956, de către Chen Ning Yang şi Tsung Dao Lee, care au prezis că legea conservării parităţii[71] - considerată până atunci universală - nu se va mai aplica în interacţiunile slabe. Ipoteza lor a fost confirmată experimental după un an, de către Chien- Shiung Wu.

Pg.139

Cele patru forţe fundamentale care acţionează între particulele elementare, din care, prezumtiv, se compune întreaga materie, sunt numite azi cele patru interacţiuni fundamentale. Actuala accepţiune ştiinţifică cu privire la aceste interacţiuni poate fi rezumată după cum urmează.

Interacţiunea gravitaţională

În fizica newtoniană, forţa gravitaţională este o forţă instantanee de interacţiune între toate particulele care au masă nenulă. Dintre cele patru interacţiuni fundamentale, este singura universală. Raza sa de acţiune este infinită, se manifestă întotdeauna prin atracţie, iar intensitatea ei se obţine din produsul maselor împărţit la pătratul distanţei dintre centrele de masă ale particulelor şi apoi înmulţit cu o constantă universală, G, numită constanta gravitaţională a lui Newton.

Expresia ei matematică este următoarea:

$$F = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$$

unde F este forţa gravitaţională, m_1 şi m_2 sunt masele, r este distanţa dintre centrele de masă, iar constanta G este un număr extrem de mic, $6{,}67 \times 10^{-11}$ *metri*^{3} *(kilogram-secundă*^{2}*)*$^{-1}$.

Fizicienii şi inginerii folosesc încă această ecuaţie, deoarece e în perfect acord cu datele, pentru majoritatea maselor şi vitezelor cu care avem de-a face. Este folosită, de exemplu, pentru a calcula traiectoriile sondelor spaţiale. Actuala teorie ştiinţifică o consideră totuşi doar o bună aproximare. Teoria relativităţii generale a lui Einstein a schimbat conceptul de gravitaţie: nu este o forţă de interacţiune între mase, ci o deformare a spaţiului-timp cauzată de masă; prin urmare, nu este instantanee[72].

Conform teoriei câmpului cuantic, câmpul gravitaţional creat de o

masă ar trebui cuantificat, adică energia sa ar trebui să apară în cuante discrete, numite gravitoni, la fel cum energia luminii apare în cuante discrete numite fotoni, dar această teorie nu se aplică la energii foarte mari (prin urmare, la lungimi de undă foarte mici).

Masele accelerate ar trebui să emită unde gravitaţionale - care sunt câmpuri gravitaţionale ce se propagă -, la fel cum sarcinile electrice accelerate emit unde electromagnetice. În 2014, o echipă de oameni de ştiinţă care a făcut cercetări cu ajutorul telescopului BICEP2 de lângă Polul Sud a susţinut că a detectat unde gravitaţionale, deşi, după aceea, afirmaţia a ridicat semne de întrebare[73] Un pulsar binar furnizează dovezi indirecte. Spre deosebire de fotoni, existenţa gravitonilor nu a fost încă dovedită.

Pg.140

Interacţiunea electromagnetică

Interacţiunea electromagnetică este asociată cu câmpurile magnetice şi electrice, care sunt manifestări ale unui unic câmp electromagnetic. Ea guvernează interacţiunile dintre două particule încărcate electric, de exemplu un proton şi un electron, şi este responsabilă pentru interacţiunile chimice şi pentru propagarea luminii.

La fel ca interacţiunea gravitaţională, are o rază de acţiune infinită, iar intensitatea ei este invers proporţională cu pătratul distanţei dintre particule; spre deosebire de interacţiunea gravitaţională, poate fi atât atractivă, când cele două sarcini electrice sunt diferite (una pozitivă, una negativă), cât şi repulsivă, când cele două sarcini sunt de acelaşi fel (amândouă pozitive sau amândouă negative). Interacţiunea electromagnetică dintre atomi este de 10^{36} de ori mai puternică decât interacţiunea lor gravitaţională, adică este de un milion de miliarde de miliarde de miliarde de miliarde de ori mai puternică.

Conform modelului standard din fizica particulelor, această interacţiune operează prin schimbul unei particule mesager sau purtătoare - fotonul, care nu are masă - între particulele încărcate electric. Fotonul este o cuantă de energie electromagnetică, care are atât proprietăţi de particulă, cât şi proprietăţi de undă şi o durată de viaţă indefinită. Existenţa ei este dovedită de efectul fotoelectric, prin care, sub acţiunea luminii, metalele emit electroni, într-un fel care nu poate fi explicat cu ajutorul fizicii clasice, dar se explică prin teoria fotonică a lui Einstein.

La scara atomilor sau moleculelor, interacţiunea electromagnetică este dominantă, ţinând atomii la un loc. Un atom de hidrogen este format dintr-un proton încărcat pozitiv şi un electron încărcat negativ care se menţine pe orbită în jurul lui datorită forţei de atracţie dintre

ei. Atunci când doi atomi de hidrogen sunt menţinuţi laolaltă într-o moleculă, forţa electrică repulsivă a celor doi protoni este contrabalansată de forţa de atracţie a celor doi electroni care orbitează, molecula fiind astfel neutră şi stabilă.

Conform teoriei cuantice, întrucât electronii manifestă atât proprietăţi de undă, cât şi proprietăţi de particulă, ei nu orbitează în jurul nucleului încărcat pozitiv într-un singur plan, aşa cum Pământul orbitează în jurul Soarelui; au mai degrabă nişte orbite în formă de cochilie. Asta înseamnă că sarcina negativă se răspândeşte în afara atomului sau moleculei. În consecinţă, atunci când două molecule aflate în mişcare se ciocnesc, forţa de respingere dintre cele două cochilii încărcate negativ face ca moleculele să ricoşeze una din alta. Pentru că această interacţiune electromagnetică este de 10^{36} de ori mai puternică decât interacţiunea gravitaţională dintre molecule, interacţiunea gravitaţională poate fi ignorată la nivel atomic şi molecular.

Pg.141

Ca exemplu, să spunem că dacă săriţi de pe Empire State Building interacţiunea gravitaţională cu centrul Pământului vă va face să accelerați către acesta. Totuşi, nu veţi ajunge acolo, deoarece cochilia încărcată negativ a electronilor din jurul moleculelor din stratul exterior al corpului este respinsă de cochilia încărcată negativ a electronilor din stratul exterior al pavajului: în urma căderii veţi fi strivit.

Gravitaţia este, totuşi, interacţiunea dominantă a maselor mari, de dimensiune planetară. Motivul este acela că gravitaţia este întotdeauna atractivă: dacă se dublează masa, se dublează şi atracţia gravitaţională pe care o exercită. Dar forţa maximă pe care pot s-o exercite două sarcini electrice de acelaşi fel, ambele pozitive sau ambele negative, este egală cu dublul forţei oricăreia din ele. Un corp masiv, precum Pământul, conţine sarcini pozitive şi negative în cantităţi aproape egale. Astfel, interacţiunile atractive şi repulsive dintre particule aproape că se anulează reciproc, astfel că interacţiunea electromagnetică netă este foarte redusă. La scara unei planete mici (inclusiv Luna noastră neobişnuit de mare), gravitaţia sa preia din electromagnetism şi este responsabilă pentru forma sa sferică.

Interacţiunea tare

Se consideră că interacţiunea tare este forţa care ţine cuarcii laolaltă pentru a forma protoni, neutroni şi alţi hadroni şi care leagă protonii şi neutronii pentru a forma nucleul unui atom, învingând astfel forţa electrică repulsivă a protonilor încărcaţi pozitiv. Putem spune deci că este interacţiunea responsabilă pentru stabilitatea

materiei.

Raza ei de acţiune este aproximativ cât diametrul unui nucleu atomic, iar la această scară intensitatea ei este de circa 100 de ori mai mare decât cea a interacţiunii electromagnetice. Dacă ar fi mai intensă, nucleele ar fi greu de separat şi atunci nu ar mai exista reacţii nucleare în lanţ în interiorul stelelor şi nici n-ar mai fi produse elemente mai grele ca litiul. Dacă ar fi mai slabă, nici un nucleu atomic cu mai mult de un proton nu ar mai fi stabil şi nu s-ar mai forma alte elemente în afara hidrogenului. Dacă ar acţiona asupra electronilor, i-ar trage în nucleu şi n-ar mai fi posibile nici o moleculă şi nici o chimie. Dacă ar avea o rază de acţiune infinită, precum gravitaţia şi electromagnetismul, ar atrage laolaltă toţi protonii şi neutronii din univers, într-un meganucleu unic.

Conform modelului standard din fizica particulelor, această interacţiune operează prin schimbul unui gluon lipsit de masă - o particulă mesager sau intermediară - între cuarcii din care, prezumtiv, sunt formaţi protonii şi neutronii. Nu au fost observaţi până acum gluoni liberi, despre care se crede că sunt de opt tipuri. Existenţa lor a fost dedusă în 1979 pe baza ciocnirilor electron-pozitron de la acceleratorul de particule DESY din Hamburg.

Interacţiunea slabă

Interacţiunea slabă este forţa fundamentală dintre particulele elementare de materie care joacă un rol important în transformarea particulelor în alte particule, de exemplu printr-un anume tip de dezintegrare radioactivă. Este responsabilă pentru transformarea unui electron şi a unui proton într-un neutron şi un neutrino, un stadiu esenţial în reacţiile nucleare din interiorul stelelor.

Este interacţiunea dintre particulele elementare de spin 1/2, precum neutrinii, dar nu şi între particulele de spin 0, 1 sau 2, precum fotonii. Este cu câteva ordine de mărime mai slabă decât interacţiunea electromagnetică şi cu mult mai slabă decât interacţiunea nucleară tare, raza ei de acţiune fiind de aproximativ o miime din diametrul nucleului atomic.

Conform modelului standard din fizica particulelor, operează prin schimbul unor particule mesager - bosonii $W+$ şi W^-, cu sarcină puternică, şi bosonii Z, neutri. Aceste particule au fost detectate în 1983, la acceleratorul de particule CERN de la Geneva.

Din moment ce două dintre aceste interacţiuni au fost descoperite şi confirmate doar în ultimii optzeci de ani, ar fi lipsit de înţelepciune să credem că nu vor mai fi descoperite în viitor şi alte forţe şi interacţiuni. Există deja cercetători care susţin că au descoperit una sau mai multe forţe în studiile privind conştiinţa umană. Voi examina

toate afirmaţiile rezonabile de acest tip atunci când va veni momentul, dar ele nu au legătură cu explicaţia cosmologică pentru evoluţia materiei.

EVOLUŢIA MATERIEI CONFORM COSMOLOGIEI ORTODOXE ACTUALE

Dacă recapitulăm ipotezele şi conjecturile discutate până acum şi adăugăm informaţii din alte surse, vom vedea cum a evoluat explicaţia cosmologiei ortodoxe actuale cu privire la evoluţia materiei.

Big Bangul fierbinte

Timp: 0; Temperatură: infinită? Raza universului: 0

Universul, cu spaţiul, timpul şi o singură forţă a naturii, irupe din nimic sub forma unui punct de foc format din radiaţie, în urma Big Bangului fierbinte.

Pg.143

Cu toate acestea, extrapolând înapoi expansiunea universului folosind teoria relativităţii generale, vom ajunge la o singularitate, un punct de temperatură şi densitate infinite, în cazul căruia teoria relativităţii nu mai este valabilă. Principiul indeterminării din teoria cuantică spune că nu se poate face nici o afirmaţie cu sens despre ce s-a întâmplat înainte de 10^{-43} de secunde de la începutul timpului[74]. O asemenea extrapolare a fizicii cunoscute la momentul $t = 0$ nu este demnă de încredere[75]. Această explicaţie pentru originea materiei este o conjectură.

Timp: 10^{-43}; Temperatură: 10^{32} K; Raza universului: 10^{-33} cm

Raza universului este cea mai scurtă distanţă parcursă cu viteza luminii pentru care se poate aplica teoria cuantică (lungimea Planck[76]). Forţa gravitaţională se separă de forţa universală, lăsând în urmă o mare forţă unificată.

Universul se extinde rapid, dar rata sa de expansiune se reduce. Pe măsură ce se extinde şi se răceşte, radiaţia creată de Big Bang produce particule şi antiparticule elementare care se anihilează reciproc şi se preschimbă în radiaţie. Universul în expansiune este, astfel, un fel de supă încinsă care emite energie de radiaţie sub formă de fotoni şi, în proporţii mult mai mici, electroni, cuarci, gluoni şi alte particule elementare, plus antiparticulele corespunzătoare, toate prevăzute de modelul standard al fizicii particulelor.

Cuarcii (şi gluonii despre care se presupune că sunt particulele mesageri ale forţei tari dintre ei) nu au fost detectaţi niciodată. Existenţa lor a fost dedusă în anii ’60 din tiparele de împrăştiere detectate prin bombardamentul cu electroni asupra unor nuclee atomice în experimentele de la Stanford Linear Accelerator Center. Pentru a explica de ce nu au fost niciodată detectaţi cuarci individuali,

specialiştii în fizica particulelor au presupus ulterior că sunt prinşi în interiorul barionilor (câte trei cuarci) şi mezonilor (un cuarc şi un anticuarc). Dacă energia se foloseşte pentru extragerea unui cuarc dintr-un barion, se va transforma într-o pereche cuarc-anticuarc.[2]

Speculaţia că gravitaţia se desprinde dintr-o singură forţă universală se bazează pe conjecturi pentru o teorie a tuturor lucrurilor (TT), care extrapolează înapoi în timp de o sută de milioane de ori mai mult plecând de la ideea ruperii simetriei din marile teorii unificate (MTU) ale fizicii particulelor (vezi mai jos), care sunt ele însele problematice. Ipoteza nu este susţinută până în acest moment de vreo dovadă, prin urmare este o conjectură.

Timp: 10^{-35} sec.; Temp.: 10^{27} K; Raza universului: 10^{-17} cm

Conform marilor teorii unificate, pe măsură ce universul în expansiune se răceşte până la temperaturi mai mici de 10^{27} K (un miliard de miliarde de miliarde de grade), radiaţia nu mai produce prezumtivele particule mesageri care simt atât forţa slabă, cât şi forţa tare.

Pg.144

Aceste particule se dezintegrează şi astfel forţa tare - care leagă cuarcii şi, implicit, neutronii şi protonii - şi forţa electroslabă se desprind din marea forţă unificată. Această fază de tranziţie duce la separarea particulelor elementare relativ mari - cuarci încărcaţi pozitiv şi anticuarci încărcaţi negativ - de leptonii relativ mici - particule care includ electroni încărcaţi negativ şi neutrini, care sunt neutri. Conjectura sugerează că ruperea simetriei în urma acestui eveniment explică aparenta absenţă a antimateriei din univers[77]. Modelul standard al fizicii particulelor sugerează că la temperaturi mai mari 10^{15} K toate aceste particule materiale elementare - cuarci, leptoni şi particulele corespunzătoare de antimaterie - sunt lipsite de masă.

Modelul iniţial şi cel mai simplu al MTU, propus în 1974 de Howard Georgi şi Sheldon Glashow, cunoscut şi ca SU(5), este elegant din punct de vedere matematic, este logic şi oferă o predicţie precisă cu privire la dezintegrarea protonilor. Totuşi, în mai bine de douăzeci şi cinci de ani de experimente riguroase nu s-a detectat vreo dovadă a dezintegrării protonilor, care, statistic, ar fi trebuit să se producă. De aceea, SU(5) a fost considerat incorect. S-au dezvoltat alte MTU, care au adăugat alte simetrii şi alte particule, prin urmare mai multe constante care trebuiau ajustate, permiţând astfel ca rata de dezintegrare a protonilor să se modifice astfel încât teoreticienii „să poată face teoria imună la eşecul experimental", cum a spus fizicianul teoretician Lee Smolin. Aceste MTU „au încetat să mai explice ceva"[3]. Ele sunt conjecturi.

În câteva modele, inflaţia fie începe, fie se sfârşeşte în această

prezumtivă fază de tranziţie. Conjecturile favorizate în prezent speculează că inflaţia începe şi apoi se sfârşeşte într-un Big Bang fierbinte înainte ca universul să se răcească până la 10^{27} K, când forţa tare şi forţa electroslabă se separă[78]. Ne aflăm încă pe tărâmul conjecturilor.

Timp: undeva între 0 şi 10^{-11} secunde; Temperatură: ?;
Raza universului: creşte prin inflaţie până la o valoare
între 10^{10} cm şi $(10^{10})^{12}$ cm

Pg.145

În funcţie de versiunea conjecturii inflaţiei pe care o alegem, dintre sutele existente, la un moment nedeterminat din trecut, cuprins între 0 şi 10^{-11} secunde după începutul spaţiului-timp, universul trece printr-o inflaţie exponenţială pentru o perioadă nedeterminată, dar extrem de mică de timp, în urma căreia raza universului creşte până la o valoare între 10^{10} cm şi $10^{1000000000000}$ cm.[79] (Raza universului observabil actual este estimată la 10^{28} cm.) Această uriaşă discrepanţă între cele două valori estimate ale razei provine nu doar din estimările diferite ale perioadei de inflaţie, ci şi din estimările diferite ale razei iniţiale, unele versiuni presupunând că era considerabil mai mică decât lungimea Planck şi că inflaţia a început la un moment cu mult înainte de timpul Planck, 10^{-43} secunde de la începutul timpului. Aceste versiuni ridică probleme teoretice, pentru că teoria cuantică îşi pierde valabilitatea dincolo de limita de 10^{-43} secunde. 0000

Cosmologii tind astăzi să susţină versiuni în care crearea universului este urmată de o inflaţie exponenţială extrem de rapidă a unei stări de vid fals şi se încheie cu reîncălzirea unei bule de vid care produce un Big Bang fierbinte, pentru ca apoi expansiunea decelerată a universului să se petreacă după modelul de mai sus.

Dacă toate acestea par neclare este pentru că majoritatea cosmologilor prezintă modelul inflaţionar al Big Bangului drept singura explicaţie pentru evoluţia universului, dar nu cad de acord cu privire la cum şi când a început şi s-a sfârşit inflaţia. Dovezile nu confirmă până acum validitatea nici uneia dintre versiuni, şi cu atât mai puţin susţin o versiune în defavoarea altora[80].

Timp: 10^{-10}; Temperatură: 10^{15} K;
Raza părţii noastre de univers: 3 cm

Pe măsură ce universul se extinde, energia medie a particulelor scade până la scara tipică de energie a forţei slabe, care necesită o temperatură de 10^{15} K, când se separă de forţa electromagnetică.

Teoria conform căreia la temperaturi mai mari de-atât aceste două forţe sunt una şi aceeaşi - aşa-numita forţă electroslabă - a fost dezvoltată în anii ’60 de Sheldon Glashow, Steven Weinberg şi Abdus Salam, care au împărţit Premiul Nobel. Ideea lor a căpătat sprijin experimental în 1983, când au fost descoperite trei dintre particulele

pe care le prezicea, şi, astfel, a devenit baza modelului standard al fizicii particulelor.

Multe dintre predicţiile teoriei electroslabe au fost testate de atunci cu mare precizie. O predicţie-cheie este existenţa bosonului Higgs, particula mesager a cărei interacţiune cu cuarcii şi leptonii conferă masă acestor particule elementare - şi, implicit, tuturor particulelor cu masă nenulă din univers. În 2012, în două experimente desfăşurate la Large Hadron Collider de la Geneva a fost identificată existenţa de foarte scurtă durată a bosonului Higgs, sau poate chiar o familie de bosoni Higgs, caz în care modelul standard va trebui revizuit[81].

Pg.146

Timp: 10^{-4} secunde; Temperatură: 10^{11} K;
Raza părţii noastre de univers: 10^{6} cm

Universul se extinde şi se răceşte până la punctul în care tripletele de cuarci ajung să fie închise în interiorul unor particule denumite hadroni, dintre care protonii şi neutronii stabili constituie elementele de bază ale materiei cunoscute. Protonul are o sarcină electrică egală în valoare absolută cu cea a electronului, dar pozitivă, în timp ce a electronului e negativă; masa protonului este de 1836 de ori mai mare decât masa electronului. Protonul se mai numeşte şi ion de hidrogen[82]. La început, numărul de protoni este egal cu numărul de neutroni; totuşi, masa neutronului este puţin mai mare decât masa protonului, aşa că e nevoie de mai multă energie pentru crearea unui neutron.

Timp: o secundă; Temperatură: 10^{10} K;
Raza părţii noastre de univers: 10^{10} cm

Acum sunt produşi mai puţini neutroni, pentru că masa lor mai mare necesită mai multă energie. Protonii şi neutronii se separă într-o proporţie de 7:1.

Timp: 100-210 secunde; Temperatură: 10^{9} K $\rightarrow$ 10^{8} K;
Raza părţii noastre de univers: $\sim 10^{12}$ cm

La acest punct, protonii şi neutronii care se ciocnesc se amestecă, uniţi de interacţiunea tare, cu eliberarea unui foton energetic; energia fotonilor care se ciocnesc cu particulele amestecate nu mai este mai mare decât energia nucleară care-i uneşte şi astfel fotonii nu mai reuşesc să-i despartă.

Pg.147

O pereche proton-neutron se numeşte nucleu de deuteriu, care este un izotop[83] al hidrogenului. Nucleele de deuteriu fuzionează între ele şi cu alte produse ale fuziunii pentru a forma nuclee de heliu -3, heliu -4, tritiu şi litiu -7 (vezi figura 8.1). Acest proces extrem de rapid de fuziune nucleară, desfăşurat în mai multe etape, se numeşte nucleosinteză.

Ciocniri rare produc cantităţi foarte mici de nuclee de litiu -7. În

afară de acestea, întrucât nu există nici un nucleu stabil cu cinci particule, nu- cleosinteza de la Big Bang nu produce nuclee mai mari decât heliu -4, care este format din doi protoni şi doi neutroni. Acesta din urmă are de departe cea mai mare energie de legare dintre toate nucleele cu un număr de masă (număr de nucleoni) mai mic decât 5 şi este principalul produs al nucleo- sintezei de la Big Bang.[4]

Figura 8.1 Produsele nucleosintezei de la Big Bang. Izotopii hidrogenului poartă denumiri speciale: hidrogenul -2 se numeşte deuteriu, iar hidrogenul -3 se numeşte tritiu.

Atunci când universul se extinde şi se răceşte până la o temperatură mai mică de o sută de milioane de grade Kelvin (10^8 K), temperatura nu mai este suficient de ridicată pentru a produce fuziunea, astfel că procesul de nucleosinteză încetează, lăsând 95% dintre nuclee ca protoni stabili (hidrogen -1), 5% ca nuclee stabile de heliu -4 şi doar urme de nuclee de deuteriu, heliu -3 şi litiu -7.[5]

Relativa abundenţă în universul actual a acestor elemente[84] este considerată o dovadă puternică a modelului Big Bangului, dar a fost contestată[85]. Ne aflăm pe tărâmul ipotezei.

La acest moment, densitatea medie a materiei este aceeaşi cu densitatea de astăzi a apei.

Timp: de la 3,5 minute la 380.000 de ani; Temperatură: 10^8 K → 10^4 K; Raza părţii noastre de univers: 10^{13} cm →10^{23} cm

Pg.148

Pentru următorii circa 380.000 de ani, universul care se extinde şi se răceşte este alcătuit dintr-o plasmă formată din aceste nuclee încărcate pozitiv şi din electronii încărcaţi negativ cuplaţi cu fotoni neutri de radiaţie. Iniţial, radiaţia domină, pentru că densitatea de energie a fotonilor e mult mai mare decât densitatea de energie a materiei. Totuşi, pe măsură ce universul continuă să se extindă şi să se răcească, densitatea de energie a materiei scade mai încet decât cea a radiaţiei: atât densitatea fotonilor, cât şi cea a particulelor de materie scad proporţional cu volumul, dar, pe când particulele de materie îşi păstrează masa-energie (măsurată prin $E = mc^2$), fiecare foton pierde energie extinzându-se la lungimi de undă mai mari.

Timp: 380.000 de ani; Temperatură: 3.000 K;

Raza părţii noastre de univers: 10^{23} cm

Universul se răceşte până în punctul în care electronii încărcaţi negativ sunt captaţi de nucleele încărcate pozitiv pentru a forma molecule de hidrogen neutre, stabile, diatomice (H2), plus urme de deuteriu (D2 şi HD), laolaltă cu atomi de heliu (He) şi urme de litiu (Li). Radiaţia electromagnetică se decuplează de materie şi se împrăştie în universul care se extinde şi se răceşte, formând radiaţia cosmică de fond pe care o detectăm astăzi[86].

Timp: Circa 200-500 de milioane de ani; Temperatură: variabilă; Raza universului observabil = 10^{26} (1% din raza actuală) până la 10^{27} (10% din raza actuală)

Diferenţele de densitate din norul de molecule aflat în expansiune - majoritatea de hidrogen în stare gazoasă - creează câmpuri gravitaţionale care încetinesc regiunile mai dense până când se separă în nori întinşi pe ani-lumină care continuă să se contracte sub acţiunea propriei gravitaţii. În acest timp centrele lor se încălzesc prin convertirea energiei potenţiale gravitaţionale în energia cinetică a moleculelor, crescând astfel temperatura centrului sau a miezului; spaţiul dintre nori continuă să se extindă.

La aproximativ 200-500 de milioane de ani după Big Bang, unii dintre aceşti nori s-au contractat atât de mult şi miezul lor a devenit atât de fierbinte - circa 15 milioane de grade Kelvin -, încât se aprind prin fuziunea hidrogenului, emiţând din miezul lor radiaţie fierbinte şi strălucitoare care contrabalansează colapsul gravitaţional. Astfel se formează prima generaţie de stele şi primele galaxii capătă formă sub influenţa gravitaţională a materiei întunecate necunoscute.

Singurele elemente din univers sunt hidrogenul, heliul şi urme de litiu.

Timp: între cca 500 de milioane de ani şi 13,8 miliarde de ani; Temperatură: variabilă; Raza universului observabil se extinde la 13,8 miliarde de ani-lumină

Prima generaţie de stele mai mari îşi consumă hidrogenul şi sunt supuse unui colaps gravitaţional până la punctul în care temperatura devine suficient de mare pentru ca, prin fuziunea heliului, să se producă carbon. Procesul continuă, producând elemente tot mai grele prin colaps gravitaţional şi fuziune nucleară. După ce şi-au consumat tot combustibilul nuclear, încât nu se mai produce suficientă radiaţie pentru a contrabalansa gravitaţia, intră în implozie şi apoi explodează, devenind supernove, iar elementele mai grele sunt aruncate în spaţiul interstelar. A doua şi a treia generaţie de stele se formează din nori de hidrogen interstelar amestecat cu praf şi gaz stelar de la supernove, în vreme ce evoluează în continuare, creând structurile pe care le vedem astăzi.

Această istorie ortodoxă a universului este ilustrată în Figura 4.1 (pagina 70).

STRUCTURA UNIVERSULUI

După cum am văzut în capitolul 3, supoziţiile simplificatoare care au fost introduse pentru a rezolva ecuaţiile de câmp ale teoriei relativităţii generale duc la concluzia unui univers omogen, dar observaţiile arată că lucrurile nu stau aşa: este format din multe structuri diferite. Voi examina acum aceste structuri mai în detaliu, încercând să arăt şi cum a evoluat fiecare dintre ele.

O galaxie este formată din stele care orbitează în jurul unui centru, precum galaxia noastră, Calea Lactee, care conţine în jur de 100 de miliarde de stele şi are circa 100.000 de ani-lumină diametru. Văzută din profil, arată ca un ou prăjit înconjurat de peste o sută de puncte strălucitoare, care sunt roiuri globulare, noduri strâns legate de sute de mii de stele vechi (vezi Figura 8.2); bulgărele din centru conţine stele vechi şi, văzut de sus, discul arată ca o spirală de stele mai tinere, laolaltă cu gaz şi praf (vezi Figura 8.3). Pe lângă galaxiile spirală, precum Calea Lactee, au fost observate galaxii care au alte forme, de pildă galaxii elipsoidale - despre care se crede că sunt sferoide -, sau neregulate. Dovezile indică faptul că astfel de galaxii provin din ciocnirea unor galaxii anterior separate.[6]

Pg.150

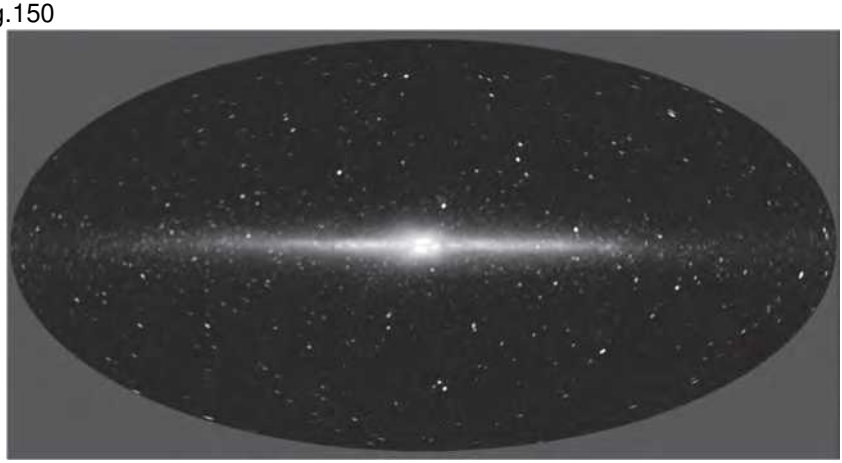


Figura 8.2 Galaxia Calea Lactee văzută dintr-o parte. Bulgărele central este format din stele vechi, cu o ipotetică gaură neagră masivă în mijlocul lui; discul este plin de stele mai tinere, gaz şi praf, iar roiurile globulare şi ipotetica materie întunecată înconjoară discul.

La următorul nivel, galaxiile formează grupuri locale, precum Grupul nostru Local, care are un diametru de câteva milioane de ani-lumină şi este format din Calea Lactee, o galaxie spirală ceva mai mare, numită Andromeda, spre care ne îndreptăm, plus aproximativ

30 de galaxii mai mici. Grupul nostru Local se află chiar lângă marginea Roiului Fecioarei, care este format din mai mult de 1000 de galaxii şi al cărui centru este situat la circa 50 de milioane de ani-lumină de noi.

Pg.151

Figura 8.3 O galaxie precum Calea Lactee văzută de sus. În Calea Lactee, Soarele nostru se află în afara unuia dintre braţele spiralei, cam la jumătatea distanţei dintre marginea materiei vizibile şi centru, în jurul căruia se roteşte cu o viteză de 220 km/s, o mişcare completă de revoluţie durând circa 200 de milioane de ani.

Aşa cum am văzut în capitolul 3, în 1989 astronomii au descoperit un alt nivel al organizării: superroiuri masive, cu aspect de pânză, separate de bule mari de vid. Observaţiile care au fost făcute ulterior asupra unor regiuni mai mari şi mai îndepărtate ale universului cu instrumente şi mai precise, au arătat existenţa unor superroiuri şi mai mari - având până la 10 miliarde de ani-lumină în lungime -, ale căror dimensiuni sunt limitate doar de dimensiunea ariei observate[87]. Toate acestea contrazic presupunerea ortodoxă că universul este izotrop şi omogen la scară mare.

CAUZELE CARE AU DUS LA STRUCTURA ACTUALĂ A UNIVERSULUI

Cosmologii explică că la baza structurii actuale a universului stă instabilitatea gravitaţională. Conform acestei explicaţii, micile neomogenităţi ale materiei (în special ale moleculelor de hidrogen) din universul timpuriu creează regiuni unde materia este puţin mai densă decât în rest. Câmpul gravitaţional al acestor regiuni mai dense

atrage altă materie, ceea ce le face şi mai dense, creând un câmp gravitaţional şi mai mare, care atrage şi mai multă materie ş.a.m.d.

Acest scenariu sună plauzibil, dar ridică două întrebări: a) cum au apărut aceste neomogenităţi iniţiale? şi b) cum au produs aceste neomogenităţi structurile pe care le observăm astăzi?

Cauzele care au dus la neomogenităţile iniţiale

Explicaţia ortodoxă era aceea că fluctuaţiile cuantice subatomice ale materiei create la Big Bang sunt întinse prin inflaţie până la dimensiunile unor galaxii sau chiar mai mult. S-a pretins că o dovadă pentru acest fenomen sunt tiparele precise de fluctuaţii din radiaţia cosmică de fond descoperită în 1992 cu ajutorul sondei COBE88.

Dacă examinăm îndeaproape această explicaţie, se dovedeşte mai puţin convingătoare decât pare la prima vedere.

În prima versiune a lui Guth, inflaţia se încheie cu o tranziţie de fază de ordinul întâi, când bulele de vid formate aleatoriu s-au ciocnit. Guth a presupus că acest fenomen duce la neomogenităţile cerute, dar când s-au făcut calculele s-a observat că neomogenităţile obţinute astfel erau mult prea mari.

Pg.152

În cea de-a doua versiune, s-a presupus că întregul univers observat se află undeva adânc în interiorul unei singure bule, astfel încât orice ciocnire între bule se întâmplă prea departe pentru a avea efecte observabile. Inflaţia ar produce un univers neted, chiar dacă materia ar fi fost plină de neomogenităţi la început. Dar asta nu explică originea acestor neomogenităţi.

O soluţie a fost obţinută prin colaborarea dintre Guth, Steinhardt, Haw- king şi alţii care foloseau marile teorii unificate. Conform acestui scenariu, inflaţia se termină cu spontana rupere a simetriei câmpului universal Higgs, prezumtivul câmp scalar de energie mediat de bosonul Higgs, care conferă masă particulelor elementare. Guth şi colaboratorii săi au presupus că spectrul perturbaţiilor de densitate - neomogenităţi fluctuante - a luat o formă simplă, invariantă în raport cu scala, ceea ce înseamnă că fiecare lungime de undă are aceeaşi putere. Asta se descoperise în radiaţia cosmică de fond, interpretată, interpretat ca o rămăşiţă a decuplării radiaţiei de materie despre care atunci se estima că s-a produs la aproximativ 300.000 de ani după Big Bang. Dar fluctuaţiile din timpul decuplării erau mult prea mari pentru a produce structura pe care o observăm azi.

Erau convinşi de corectitudinea ideii, dar, din moment ce câmpul universal de energie Higgs nu a oferit rezultatul potrivit, soluţia lor a fost ipoteza existenţei unui alt câmp scalar universal de energie, un câmp inflaţionar mediat de o prezumtivă particulă numită inflaton, care a dus la rezultatul corect. După cum recunoaşte Guth, „o teorie

de acest fel e constrânsă de obiectivul de a obţine valori corecte pentru perturbaţiile de densitate“[7].

Versiunile ulterioare sugerează că fluctuaţiile cuantice au apărut într-un vid preexistent şi au fost extinse de câmpul inflaţionar, după care s-au transformat într-o materie uşor neomogenă printr-un Big Bang fierbinte.

În 2014, Steinhardt a conchis că modelul inflaţionar este atât de flexibil, încât este „fundamental netestabil şi de aceea lipsit de sens din punct de vedere ştiinţific“[8]. Mai mult, după cum am văzut în capitolul 6, mai mulţi cosmologi pretind că analiza fluctuaţiilor detectate de WMAP, sonda spaţială cu o precizie de 45 de ori mai mare decât COBE lansată un deceniu mai târziu, arată neconcordanţe semnificative cu modelul inflaţionar, iar aceste afirmaţii au fost confirmate în 2013 de datele obţinute cu ajutorul telescopului Planck care e şi mai precis[89]. Alte conjecturi cosmologice încearcă de asemenea să explice fluctuaţiile de densitate din RCF[90].

Singura concluzie rezonabilă este că pur şi simplu nu ştim cum au apărut aceste neomogenităţi iniţiale şi că actuala explicaţie ortodoxă nu e mai mult decât un model matematic care, deşi porneşte de la o constrângere, produce neconcordanţe cu datele observaţionale.

Cauzele care au dus la structurile mari

Cât despre felul în care aceste neomogenităţi iniţiale au produs structurile mari pe care le observăm astăzi, majoritatea cercetărilor au fost făcute la nivelul galaxiilor, folosind drept dovezi galaxia noastră şi galaxiile apropiate, pentru că până de curând acestea erau principalele structuri accesibile observaţiei.

Două seturi de modele au intrat în competiţie. Modelele top-down, precum cel propus de Eggen, Linden-Bell şi Sandage în 1962, susţin că mai întâi se formează o structură de nivel mai mare, precum un nor galactic, care apoi intră în colaps într-un interval de 100 de milioane de ani, producând nori stelari din care în cele din urmă se formează stele.[9] Modelele bottom-up, precum cel al lui Searle şi Zinn, din 1978, susţin că întâi se formează stelele, iar acestea se agregă, prin atracţie gravitaţională, formând roiuri globulare, care se agregă la rându-le, formând galaxii.[10]

Datele furnizate de COBE în 1992 au arătat că ambele modele sunt inadecvate. Conform interpretării ortodoxe de atunci, ele arată că, la aproximativ 300.000 de ani după Big Bang, gradul de neomogenitate a materiei era de 1 la 100.000, o variaţie de densitate mult prea mică pentru ca instabilitatea gravitaţională să ducă la formarea oricărei structuri.

Au fost propuse mai multe conjecturi pentru a explica formarea

structurilor, inclusiv cea a corzilor cosmice (lungi filamente în formă de spaghete despre care unele dintre marile teorii unificate consideră că s-au format în universul foarte timpuriu, ca defecte topologice în ţesătura spaţiului-timp) sau a undelor de şoc produse de cuasari, care au creat regiuni cu o densitate a materiei mult mai mare. Totuşi, această ultimă conjectură nu reuşeşte să explice cum de cuasarii, mari emiţători de energie, sau găurile negre masive, care, se presupune, sunt cauza apariţiei lor, au ajuns să se formeze.

Majoritatea cosmologilor au reînviat ideea de materie întunecată, formulată mai întâi de Fritz Zwicky în 1933[91]. Pentru a genera structurile observate, materia întunecată ar trebui să reprezinte mai mult de 90% din materia întregului univers.

Pg.154

S-au dezvoltat două conjecturi. Modelul top-down al materiei întunecate încinse specula că materia întunecată este alcătuită din particule care se deplasează cu o vitează apropiată de viteza luminii. Un candidat au fost neutrinii. Fizicienii crezuseră că aceste particule nu au masă şi că se deplasează exact cu viteza luminii, dar acum nu mai excludeau posibilitatea ca neutrinii să aibă totuşi o masă mică şi să se deplaseze cu o viteză puţin mai mică decât viteza luminii. Astfel se puteau forma structuri la scară foarte mare care intră în colaps pentru a produce agregatele sub formă de clătită din care apoi se formează galaxiile. Totuşi, acest model nu a putut fi pus în acord cu distribuţia actuală a galaxiilor în roiuri.

Versiunea favorizată a devenit modelul bottom-up al materiei întunecate reci, conform căruia materia întunecată este alcătuită din particule care se mişcă la viteză mică - şi sunt, prin urmare, reci - de tip WIMP (particule masive care interacţionează slab) rămase de la Big Bang. Nu există deocamdată particule cunoscute care să se potrivească acestui model, dar fizicienii au descris mai mulţi candidaţi posibili, cum este de pildă fotino-ul, o versiune foarte grea a fotonului lipsit de masă. Aceste particule cu interacţiune slabă s-ar fi decuplat de radiaţie cu mult mai devreme decât barionii (protoni şi neutroni care formează materia pe care o observăm). Pentru că se mişcă încet, s-ar fi grupat sub influenţa gravitaţiei pentru a forma mari mase galactice. Când barionii s-au decuplat de radiaţie au fost atraşi către centrul unei mase galactice întunecate de câmpul său gravitaţional, pentru a forma o galaxie vizibilă înconjurată de un mare halou de materie întunecată rece, invizibilă. Asemenea galaxii supermasive - de zece ori mai mari decât cele pe care le vedem azi - ar fi fost aduse laolaltă de atracţia gravitaţională pentru a forma roiuri şi superroiuri. Totuşi, acest model a trebuit să presupună că formarea galaxiilor a fost „distorsionată" de la bun început, astfel încât galaxiile să se formeze numai acolo unde există fluctuaţii extrem de mari în densitatea materiei întunecate reci.

Chiar şi aşa, când masa estimată a tuturor galaxiilor, inclusiv a halourilor lor întunecate, a fost calculată pentru a se obţine densitatea medie a materiei în univers, rezultatul nu a depăşit 10% din densitatea critică presupusă de modelul ortodox, în care energia cinetică de expansiune este în concordanţă cu atracţia gravitaţională a materiei92.

Astfel, au presupus cosmologii, trebuie să existe multă - mult mai multă - materie întunecată în univers pentru a se ajunge la densitatea critică. Pe baza acestei supoziţii, modelul bottom-up al materiei întunecate reci (MÎR) a devenit parte a modelului ortodox.

Pg.155

Totuşi, structurile mari şi marile regiuni de vid identificate de Geller şi Hucra în 1989 ridică serioase semne de întrebare cu privire la modelul MÎR. După părerea lui Michael Rowan-Robinson, un articol publicat în 1991 în revista Nature a dat lovitura de graţie modelului.[11] Will Saunders şi nouă colaboratori ai săi, printre care Rowan-Robinson, iniţiaseră o cercetare exhaustivă a deplasării spre roşu a galaxiilor descoperite de Infrared Astronomical Satellite, şi demonstraseră că la scară mare există mult mai multe structuri decât prezicea modelul MÎR.[12] Acest articol a fost urmat de un articol de opinie intitulat „Cold Dark Matter makes an Entrance“, scris de David Lindley, editor asociat la Nature, în care se arată că respingerea modelului MÎR vine de la un grup format din vechi susţinători ai modelului. Autorul avertiza de asemenea cu privire la eventuala salvgardare a modelului prin introducerea unor noi parametri prezumtivi, de exemplu o constantă cosmologică, întreprindere pe care o asemăna cu încercările lui Ptolemeu de a explica modelul geocentric al sistemului solar.[13]

Dar exact asta s-a întâmplat. După cum spuneau Volker Springel şi colegii lui în 2005: „În ultimele două decenii, modelul materiei întunecate reci (MÎR), îmbogăţit cu un câmp de energie întunecată (care poate lua forma unei constante cosmologice, Λ), s-a dezvoltat ca model teoretic standard al formării galaxiilor."[14]

Dovezi în sprijinul modelului ortodox

Dovezile pentru acest model provin în principal din două surse. În primul rând, cosmologii pretind că Millennium Run din 2005, o simulare computerizată detaliată, se potriveşte foarte bine cu modelul cosmologic ortodox. Totuşi, la fel ca alte simulări computerizate, se bazează pe multe supoziţii, inclusiv densitatea materiei vizibile şi a celei întunecate, precum şi a energiei întunecate de care este nevoie pentru a obţine universul plat din modelul ortodox, în concordanţă cu conjecturile care se bazează pe inflaţie. Depinde şi de „modelarea post hoc a fizicii formării galaxiilor"[15].

Iarăşi, un model ajustat în lumina observaţiilor va avea în mod necesar un rezultat în acord cu observaţiile şi, de aceea, nu este predictiv.

În al doilea rând, se pretinde că existenţa materiei întunecate - deşi nu se ştie exact din ce se compune - a fost dovedită de efectul de lentilă gravitaţională (prin care, conform relativităţii generale, câmpul gravitaţional al prezumtivei materii întunecate curbează lumina care vine de la obiectele mai îndepărtate, creând multiple imagini ale acestora).[16] Totuşi, aceste efecte s-ar putea explica şi prin apelul la modele matematice alternative, precum cele care descriu un univers de mici dimensiuni sau un univers sferic simetric neomogen.[17]

Dovezi împotriva modelului ortodox

Pg.156

În opinia lui Riccardo Scarpa, din moment ce materia întunecată nu putea emite lumină sau o altă formă de radiaţie electromagnetică, ea nu-şi poate expulza căldura internă, un proces vital pentru contracţia gravitaţională la scara relativ restrânsă a unui roi globular. Aşadar, materia întunecată n-ar trebui să se regăsească în micile noduri stelare care orbitează în jurul Căii Lactee şi al multor alte galaxii. Cu toate acestea, Scarpa şi colegii lui de la European Southern Observatory din Chile au găsit, în 2003, dovezi că stelele din trei roiuri globulare se mişcă mai repede decât poate explica gravitaţia materiei vizibile.

Scarpa a ajuns la concluzia că nu este nevoie să postulăm existenţa vreunei materii întunecate în univers. Explicaţia, formulată pentru prima dată cu mai bine de douăzeci de ani înainte de Mordehai Milgrom, spune că legea newtoniană a gravitaţiei este valabilă doar atunci când acceleraţia depăşeşte un anumit prag critic. Jacob Bekenstein a dezvoltat o versiune relativistă a mecanicii newtoniene modificate a lui Milgrom, despre care Constantinos Skordis, de la Oxford, a pretins în 2005 că i-a fost de folos pentru a explica atât fluctuaţiile din radiaţia cosmică de fond, cât şi distribuţia galaxiilor în univers.[18]

Mai mult, Sloan Digital Sky Survey a descoperit cuasari foarte strălucitori şi cu o puternică deplasare spre roşu. Interpretarea ortodoxă a deplasării lor spre roşu spune că se află la o depărtare atât de mare, încât trebuie să fi existat atunci când universul avea o zecime din vârsta sa actuală93. Cei mai mulţi cosmologi cred că fiecare asemenea emisie substanţială de energie este produsă de o mare cantitate de gaz foarte fierbinte chiar înainte să fie absorbită într-o gaură neagră masivă din centrul galaxiei. S-a calculat, de exemplu, că un cuasar ar emite lumină cât trei trilioane de sori, ceea ce ar corespunde unei găuri negre cu masa de circa un miliard de ori cât

masa solară, şi se estimează că s-ar fi format la doar 850 de milioane de ani după Big Bang. Această descoperire a ridicat îndoieli că o astfel de structură masivă s-ar fi putut forma atât de devreme în felul descris de modelul *bottom-up*.

Totuşi, Springel şi colegii lui susţin că simularea computerizată Millennium Run arată că e posibil să se formeze găuri negre în stadii atât de timpurii ale universului.[19] Cred însă că nu ar trebui să echivalăm o simulare pe computer cu realitatea, mai ales când simulările depind de mai multe supoziţii şi de modelarea post hoc despre care am vorbit în secţiunea anterioară. O asemenea precauţie este sprijinită de identificarea în 2013 a unui mare grup de cuasari care pare să fie cea mai mare structură din universul timpuriu. Conform celor care au descoperit această structură, dimensiunea ei pune sub semnul întrebării supoziţiile modelului cosmologic ortodox.[20]

Pg.157

Mai mult, telescopul spaţial Spitzer cu raze infraroşii, lansat în 2003 de NASA, a detectat galaxii cu o puternică deplasare spre roşu, care s-ar fi format undeva între 600 de milioane şi un miliard de ani după Big Bang. Astfel de galaxii tinere ar trebui să conţină numai stele tinere, dar s-a constatat că ele conţin şi gigante roşii precum cele din galaxia noastră, despre care cosmologii cred că au avut nevoie de miliarde de ani pentru a-şi arde hidrogenul din miez, după care intră în colaps gravitaţional, încălzindu-şi straturile exterioare până la punctul de fuziune, când încep să se extindă şi să radieze lumină roşie. Interpretarea datelor obţinute de telescopul Spizer nasc controverse, unii astrofizicieni considerând că aceste gigante roşii sunt tinere.

Totuşi, aceste galaxii tinere par să conţină fier şi alte metale. Conform modelului ortodox, un astfel de univers tânăr e format doar din hidrogen, heliu şi urme de litiu[94]; fierul este produs abia după ce stelele mari din prima generaţie au produs nu numai hidrogen, ci şi, succesiv, heliu, carbon, neon, oxigen şi siliciu, înainte să intre în colaps şi apoi să explodeze sub formă de supernove care împrăştie în spaţiu fier şi alte metale.

Cauzele care au dus la formarea stelelor

Dovezile cu privire la formarea stelelor provin din observarea propriului nostru sistem solar, mai ales din observarea stelelor tinere, dintre care multe sunt înconjurate de discuri de praf şi gaz, din observarea norilor moleculari uriaşi din galaxia noastră şi din modelarea computerizată.

Aceste studii au dus la ipoteza nebuloaselor stelare, conform căreia exploziile supernovelor aruncă nuclee şi electroni în spaţiul stelar în diferite direcţii, unde se amestecă cu gazele interstelare existente, în

special hidrogen. Pe măsură ce se răcesc, formează atomi şi molecule simple de gaz şi praf, cu viteză diferită şi moment cinetic diferit. Câmpurile gravitaţionale separă acest amestec turbulent de resturi ale supernovelor şi gaz interstelar în nori aproape sferici.

Fiecare astfel de nebuloasă dinamică se contractă sub acţiunea propriului câmp gravitaţional. Pe măsură ce se întâmplă asta, apar trei procese: miezul nebuloasei se încinge, deoarece energia gravitaţională potenţială a materiei care cade spre centru se converteşte în energie (căldură) cinetică; se roteşte mai repede pentru a-şi conserva momentul cinetic net în timp ce raza ei descreşte; şi se aplatizează pe măsură ce ciocnirile dintre gaze şi particulele de praf îşi echilibrează mişcarea în favoarea direcţiei momentului cinetic.

Pg.158

Cea mai mare parte a acestui nor care se contractă şi se aplatizează se aglomerează în spirală către centrul de greutate tot mai dens şi mai masiv, iar miezul devine suficient de fierbinte încât să înceapă fuziunea nucleară: astfel se naşte o a doua generaţie de stele. Majoritatea gazului rămas este aruncat înapoi în mediul interstelar sub forma unor jeturi uriaşe dispuse în jurul axei de rotaţie. Discul acum plat aflat în rotaţie conţine praf mai dens - în special silicaţi şi cristale de gheaţă - şi gaze relativ apropiate de stea, în vreme ce vântul stelar expulzează hidrogenul, care e mai uşor, şi heliul spre marginea discului. Acest disc are o densitate neregulată, creând o varietate de câmpuri gravitaţionale. Astfel se produc ciocniri violente şi forme de agregare care formează sâmburi planetari (planetezimali; aceştia, în câteva sute de milioane de ani, vor deveni planete care vor atrage cea mai mare parte a gazului şi prafului rămase, orbitând în jurul stelei în planul discului.[21] Vezi figura 8.4.

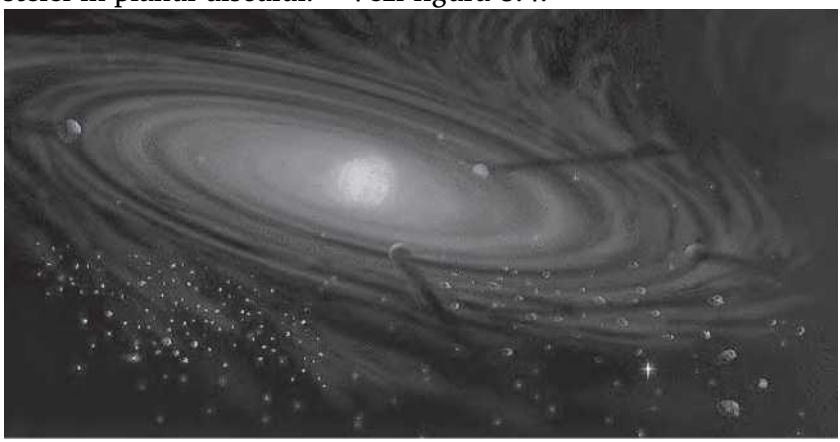


Figura 8.4 Proces ipotetic de formare a stelelor şi planetelor dintr-o nebuloasă spiralată.

La o examinare mai atentă, această explicaţie ortodoxă ridică

totuşi două probleme. În primul rând, studiile arată că atunci când cea mai densă parte a unui nor molecular - cunoscută drept nucleu - este pe cale să intre în colaps şi să formeze o stea, ea conţine între zece mii şi un milion de molecule de hidrogen pe centimetru cub.[22] Comparativ, densitatea aerului pe care-l respirăm este de zece miliarde de miliarde de molecule pe centimetru cub. Cum poate ceva care este, la limită, de zece mii de miliarde de ori mai puţin dens decât aerul să se contracte sub acţiunea propriului câmp gravitaţional pentru a forma o stea?

Chiar dacă observaţiile făcute asupra norilor moleculari de praf din galaxia noastră arată nuclee cu densitate mare sau protostele şi mai dense sau stele nou-născute, ele nu arată ce anume a iniţiat colapsul gravitaţional al nucleelor şi cu atât mai puţin cum s-au format ele. Ipoteza existenţei unui halou masiv de materie întunecată nu e rezonabilă, fiindcă vorbim despre o scară mult prea mică.

Pg.159

În al doilea rând, aceste observaţii arată nişte forţe care acţionează pentru a împiedica colapsul gravitaţional al norului, mai exact:

1. Mari turbulenţe.
2. Câmpuri magnetice neuniforme în nori care conţin ioni (în special protoni, sau ioni de hidrogen) şi electroni care fac ca materia ionizată să se dispună de-a lungul liniilor câmpului magnetic.

Astrofizicienii au construit modele computerizate, multe bazate pe hidrostatică, prin care să arate cum sunt învinse aceste forţe, dar, cu atâtea variabile cu valori necunoscute, sarcina este îngrozitor de dificilă şi e nevoie de prea multe supoziţii simplificatoare pentru a face modelul să funcţioneze.

O conjectură rezonabilă cu privire la cauza regiunilor iniţiale de mare densitate şi a colapsului gravitaţional prin care au trecut ulterior spune că acestea se datorează compresiei create de explozia supernovei, care produce unde parţial răspunzătoare pentru turbulenţele din interiorul norului molecular gigantic. Această cauză nu poate fi însă invocată cu privire la formarea primei generaţii de stele, care, murind, s-au transformat în prima generaţie de supernove.

Kashlinski şi colegii săi scriau în 2005: „Măsurătorile recente ale polarizării radiaţiei cosmice de fond arată că stelele au început să se formeze devreme, când universul avea aproximativ 200 de milioane de ani.“[23] Pentru a afla cum s-a format prima generaţie de stele, e nevoie, din nou, să aflăm ce au fost primele structuri din univers dacă modelul ortodox al Big Bangului este corect. De-a lungul ultimelor cinci decenii, diverşi cosmologi au presupus că acestea au fost fie roiuri globulare, fie găuri negre supermasive, fie stele cu masă mică.

Deşi în conferinţele de presă, în cărţile de popularizare a ştiinţei şi

în emisiunile TV de astăzi procesul de formare a stelelor este adesea prezentat drept bine cunoscut, mi-e greu să nu fiu de acord cu astrofizicianul Derek Ward-Thompson, de la Universitatea din Cardiff. După ce a trecut în revistă cele mai importante lucrări din domeniu, conchide: „Stelele sunt printre componentele de bază ale universului, şi cu toate acestea încă n-am înţeles procesele prin care s-au format.“[24] În 2002, Martin Rees, pe-atunci astronomul regal al Marii Britanii, a conchis la rându-i că „în prezent procesul formării stelelor este insuficient înţeles.“[25]

Asta nu înseamnă, desigur, că ştiinţa nu va putea stabili niciodată cum s-au format primele stele sau cum se formează stelele în prezent. Totuşi, în cazul primelor stele va fi dificil să obţinem dovezi empirice care să stabilească dacă modelul Big Bangului fierbinte este corect. Conform acestui model, cam la jumătate de milion de ani după Big Bang temperatura a scăzut sub 3.000 K. De atunci, radiaţia corpului negru primordial a trecut în spectrul infraroşu, iar universul a rămas întunecat vreme de un miliard de ani.[26] În această perioadă, numită epoca întunecată a cosmosului, lumina stelelor ar fi prea slabă pentru ca vreo tehnologie din viitor să o poată detecta.

Pg.160

Explicaţie alternativă

Burbidge a subliniat că actualul model ortodox al structurii universului depinde de multe supoziţii, printre care:

1. Universul a fost comprimat la un moment dat într-un punct de energie şi densitate infinite sau aproape infinite.
2. Universul a trecut printr-o fază de inflaţie exponenţială înainte să reintre în expansiune decelerată.
3. Fluctuaţiile de densitate sunt prezente în materia timpurie.
4. Cea mai mare parte a materiei din univers este materie întunecată necunoscută.
5. Deplasarea spre roşu din spectrele cuasarilor este cauzată exclusiv de expansiunea cosmică, spectrele de absorbţie datorându-se gazului.

El a afirmat că modelul cosmologic al stării cvasistaţionare (CSCS) oferă o explicaţie mai convingătoare fără a fi nevoie de asemenea supoziţii95.

O evaluare imparţială va trebui să recunoască nu doar că actuala explicaţie cosmologică ortodoxă cu privire la felul în care au apărut neomogenităţile în materia primordială este mai degrabă o conjectură decât o teorie bine testată empiric, ci şi că această conjectură nu poate deocamdată să explice felul în care aceste omogenităţi au produs stelele, galaxiile, grupurile locale, roiurile şi superroiurile sub formă

de pânză despărţite de bule de vid pe care le observăm astăzi. Explicaţia alternativă furnizată de CSCS are avantajul unei mai mari parcimonii, dar nu se dovedeşte nici ea o teorie ştiinţifică solidă.

EVOLUŢIE CONTINUĂ?

Conform actualului model cosmologic ortodox, materia a evoluat dintr-o supă primordială, dezordonată, de particule primordiale care se formau şi se anihilau producând radiaţie foarte fierbinte, şi a ajuns la complexa ierarhie de structuri pe care o observăm astăzi. Dar continuă ea să evolueze în această manieră antientropică?[96]

Cinci scenarii speculative cu privire la viitorul universului prezintă perspective contrastante asupra evoluţiei materiei la scară mare.

Galaxiile care se susţin singure la nesfârşit

Folosindu-se de teoria sistemelor auto-organizatoare din biologie, Lee Smolin lansează ideea că galaxiile precum a noastră sunt, de fapt, ecosisteme care se susţin singure. Unde intricate provenind de la diferite supernove interacţionează şi atrag gaz interstelar şi praf, formând nori care odată ce intră în colaps generează noi stele, care, după miliarde de ani de fuziune nucleară, vor exploda şi se vor transforma în supernove care aruncă gaz şi praf în spaţiul interstelar, şi astfel ciclul continuă. Mecanisme de feed-back aduc norii la condiţiile optime pentru a produce stelele din secvenţa principală şi a menţine un echilibru între densitatea norilor şi numărul de stele şi de supernove produse în fiecare generaţie. Acest sistem auto-organizator se menţine într-o stare lipsită de echilibru termodinamic prin intermediul unor fluxuri energetice provenite de la lumina stelelor şi de la explozii ale supernovelor. „Într-o galaxie spirală, cum este a noastră, un astfel de proces pare să fie perpetuu, ducând la valuri de formare de stele care se propagă continuu în mediul galaxiei spirală“[27], susţinând astfel actualul nivel de complexitate.

Totuşi, în teoriile sistemelor auto-organizate, sistemul este menţinut într-o stare dinamică lipsită de echilibru printr-un transfer de energie şi materie din afara sistemului, şi nu dinăuntrul lui[97].

Universul fractal

O altă idee speculativă susţine că universul este fractal, adică forma complexă de la fiecare nivel al structurii ierarhice se repetă pe sine la o scară mai mare la fiecare nivel mai înalt, şi tot aşa ad infinitum. În opinia lui Rees, nu există nici o dovadă pentru un nivel structural superior superroiurilor în formă de pânză identificate de Geller şi Huchra.[28] În plus, formele complexe de la nivelul sistemului

solar, al galaxiilor, al roiurilor şi al superroiurilor nu sunt identice.

Big Crunch

Conjectura că există de circa zece ori mai multă materie întunecată (până acum totuşi nedeterminată) decât materie vizibilă a făcut posibilă ideea că forţa de atracţie gravitaţională a întregii materii din univers ar putea fi suficient de mare încât să oprească şi să inverseze expansiunea lui. Acest univers în contracţie răstoarnă creşterea în complexitate şi sfârşeşte printr-un Big Crunch, recreând entropia ridicată, sau dezordinea, de la Big Bang.

Pg.162

Moartea termică pe termen lung

Prin contrast, profesorul Fred Adams, de la Universitatea din Michigan, şi Greg Laughlin, cercetător la NASA, au susţinut în 1999 că materia din univers la scară mare ajunge la entropie maximă printr-un proces ce duce la moartea termică.

Ei afirmă că procesul de formare de stele va continua în galaxii doar atât timp cât acestea au nori denşi de hidrogen interstelar în braţele spiralei. Rezervele de materie din care se formează stelele sunt finite, şi odată ce stelele au convertit tot hidrogenul disponibil în elemente mai grele nu se mai formează noi stele, lucru dovedit de galaxiile eliptice, care sunt în cea mai mare parte lipsite de hidrogen interstelar şi nu mai produc noi stele (ceea ce contrazice conjectura lui Smolin).

Ei estimează că actualul stadiu de formare a stelelor va dura până la o sută de miliarde de ani, moment în care se va încheia Epoca Stelară a universului, după zece până la o sută de bilioane de ani (10^{13} până la 10^{14} ani), când stelele cele mai mici şi care au trăit cel mai mult, piticele roşii, vor dispărea şi pe cer nu va mai străluci nici o stea.

În Epoca de Degenerescenţă a universului, care va dura încă 10^{25} ani, galaxiile vor fi formate iniţial din obiecte compacte: pitice brune, pitice albe care se răcesc sau „pitice întunecate" reci, stele neutronice şi găuri negre. Piticele albe atrag cea mai mare parte a materiei întunecate, iar galaxiile degenerează evaporând-se în vidul intergalactic. În cele din urmă, piticele albe şi stelele neutronice dispar prin dezintegrarea protonilor şi neutronilor[98].

Această epocă va fi urmată de Epoca Găurilor Negre, în care singurele obiecte cu aspect stelar vor fi găurile negre. Acestea se vor evapora printr-un proces de emitere a unui tip de radiaţie numită „radiaţie Hawking“, până când universul va ajunge la vârsta de circa 10^{100} de ani.

Dincolo de această vârstă aproape imposibil de imaginat nu mai

rămâne decât dezolarea infinită a Epocii Întunecate, în care în univers nu mai rămân decât resturile proceselor astrofizice anterioare: fotoni cu lungimi de undă colosale, neutrini, electroni şi pozitroni şi, probabil, particule de materie întunecată cu interacţiune slabă, precum şi alte reziduuri exotice. Încă se produc evenimente de anihilare de nivel inferior, dar, în cele din urmă, universul ajunge la moartea termică atunci când entropia (dezordinea) atinge nivelul maxim: o stare de echilibru în care nu mai există energie disponibilă pentru a fi folosită.[29]

Moartea termică pe termen scurt

De la sfârşitul anilor ’90, cei mai mulţi cosmologi susţin interpretarea ortodoxă a datelor cu privire la supernovele de tip 1a cu deplasare spre roşu; ei cred că universul şi-a încheiat expansiunea decelerată după aproximativ 9 miliarde de ani şi că a început o exapansiune accelerată care va duce la moarte termică, însă mai repede decât au estimat Admas şi Laughlin. După cum am văzut în capitolul 4, pentru a explica acest comportament misterios, au invocat o la fel de misterioasă energie întunecată anti-gravitaţională şi au luat-o în considerare în modelele lor matematice reintroducând constanta cosmologică Λ, cu o altă valoare arbitrară[99].

După părerea lui John Barrow, această expansiune accelerată împiedică materia să se aglutineze sub influenţa gravitaţiei şi a stopat astfel formarea de galaxii şi roiuri. El adaugă că dacă această energie misterioasă ar fi devenit activă ceva mai devreme nu s-ar fi format nici o galaxie şi nici o stea, iar noi n-am fi existat şi n-am mai face acum speculaţii despre viitorul universului.[30]

Lawrence Krauss şi Michael Turner avertizează totuşi că datele de acest tip nu ar trebui folosite pentru a face predicţii. După ce au reevaluat câteva noţiuni-standard cu privire la conexiunea dintre geometrie şi soarta universului nostru, ei conchid că „nu există vreun set de observaţii cosmologice care să ne permită să determinăm fără urmă de îndoială care va fi în cele din urmă soarta universului"[31].

CONCLUZII

1. Nici modelul cosmologic ortodox *bottom-up* al Big Bangului fierbinte şi al materiei întunecate reci, nici vreun model cosmologic alternativ nu oferă în prezent o explicaţie solidă din punct de vedere ştiinţific pentru evoluţia materiei la scară mare.
2. Dacă materia primordială consta într-o plasmă extrem de densă, fierbinte şi dezordonată de particule care se formau spontan şi se dezintegrau producând energie de radiaţie, după

cum pretinde actualul model ortodox, atunci putem spune că a evoluat pentru a produce structuri de mari dimensiuni în această ierarhie: sisteme solare, galaxii, grupuri locale de galaxii, roiuri şi superroiuri galactice separate de regiuni vaste de vid.

Pg.164

3. Câmpurile gravitaţionale în interacţiune cu materia care posedă energie cinetică produc, ipotetic, un astfel de proces antientropic, dar cauza primă a energiei cinetice şi a câmpurilor gravitaţionale nu este cunoscută. În plus, deşi au fost avansate mai multe conjecturi concurente, nu putem spune că avem în acest moment o explicaţie satisfăcătoare din punct de vedere ştiinţific a felului în care s-au format aceste structuri complexe - de la stele la superroiuri - şi nici nu ştim care s-au format mai întâi din plasma primordială.

4. Nici o structură, precum o galaxie, nu este identică cu o structură de acelaşi nivel (aşa cum cristalele de siliciu sunt identice între ele); nici un nivel superior al ierarhiei, precum un grup local, nu reproduce structura de la nivelul imediat inferior (în acest caz, o galaxie) la o scară mai mare. Universul este un întreg complex.

5. Universul este dinamic: stelele îşi epuizează combustibilul, explodează şi se formează noi stele; sistemele solare, galaxiile, grupurile locale, roiurile şi probabil şi superroiurile se mişcă unele în raport cu altele; galaxiile se îndepărtează şi se apropie de alte galaxii din grupul local atunci când pot să aibă loc ciocniri.

6. Actuala perspectivă cosmologică ortodoxă conform căreia expansiunea decelerată a universului s-a transformat în mod misterios într-o expansiune accelerată după aproximativ 9 miliarde de ani implică faptul că acest proces antientropic de complexificare a materiei a încetat.

7. Dacă universul rămâne perpetuu la acest nivel de complexitate dinamică, sau este menţinut la acest nivel prin cicluri perpetue, aşa cum sugerează cosmologia stării cvasistaţionare, ori dacă a intrat într-un proces care va conduce până la urmă la o dezordine maximă în cadrul morţii termice, ori dacă se va contracta până va ajunge din nou la dezordinea maximă a singularităţii unui Big Crunch rămân speculaţii pentru care, foarte probabil, observaţiile cosmologice nu vor furniza dovezi clare.

Pentru a înţelege ce ne poate spune ştiinţa despre materia din care suntem alcătuiţi, trebuie să examinăm evoluţia paralelă şi interdependentă a materiei la scară mică. Asta îşi propune capitolul următor.

CAPITOLUL 9
Evoluţia materiei la scară mică

„Suntem praf de stele.“
Joni Mitchell, 1970

Un bărbat care cântăreşte în jur de 70 de kilograme este format din circa 7 x 10^{27} atomi, adică aproape 10 miliarde de miliarde de miliarde de atomi. Cam 63% din aceştia sunt atomi de hidrogen, 24% atomi de oxigen, 12% atomi de carbon şi 0,6% atomi de azot, în vreme ce restul de 0,4% includ atomi din alte circa 37 de elemente.[1] Cum s-au format aceşti atomi şi cum au ajuns să ne formeze pe noi sunt întrebări esenţiale pentru această cercetare.

EVOLUŢIA NUCLEELOR ELEMENTELOR[2]

Am văzut că modelul Big Bangului n-a reuşit să explice cum s-au format nucleele elementelor mai grele decât heliul, cu excepţia unor vagi urme de litiu, din supa încinsă de cuarci, electroni şi fotoni creată prin eliberarea de energie de la Big Bang, înainte ca expansiunea şi răcirea universului să oprească procesul de fuziune100.

Descoperirea făcută în 1950 de Martin şi Barbara Schwarzchild că stelele mai vechi conţin semnificativ mai multe elemente grele decât cele tinere a oferit primele indicii cu privire la felul în care s-ar fi putut forma nucleele mai mari.

În 1957, Hoyle şi colegii lui au publicat articolul fundamental în care au stabilit actuala teorie cosmologică ortodoxă cu privire la formarea elementelor grele în interiorul stelelor. Ei au conchis că

> Motivul de bază pentru care o teorie a originii stelare pare să ofere o metodă promiţătoare a sintetizării elementelor este acela că structura schimbătoare a stelelor în timpul evoluţiei lor oferă o succesiune de condiţii în care pot apărea multe tipuri de procese nucleare. Astfel, temperatura internă poate varia de la câteva milioane de grade, când reacţia în lanţ pp [proton-proton] începe să opereze, până la temperaturi de 10^9 până la 10^{10}, când au loc exploziile supernovelor. Densitatea centrală poate varia de asemenea cu factori de circa un milion. Scările temporale variază de asemenea de la perioade de miliarde de ani - durata de viaţă normală a stelelor din secvenţa principală care au masa mai mică sau egală cu a Soarelui nostru - până la perioade de ordinul zilelor, minutelor sau secundelor, caracteristice procesului de explozie.[3]

Deşi de atunci detaliile au fost rafinate, nici un cosmolog nu a contrazis cu argumente serioase această teorie, care este susţinută de dovezi spectroscopice. Suntem îndreptăţiţi să conchidem că toate elementele de origine naturală mai grele decât heliul s-au format prin procesul de nucleosinteză stelară descris mai jos.

Elementele de la heliu la fier

Stelele variază de la cele care au o masă de zece ori mai mică decât masa Soarelui până la cele cu o masă de şaizeci de ori cât a Soarelui. Protostelele mai mici nu devin niciodată suficient de fierbinţi încât să înceapă fuziunea nucleară, în vreme ce acelea cu mase mai mari ard prea repede ca să poată deveni stele stabile. *Mărimea stelei determină produsul nucleosintezei.*

Pentru stelele mici şi medii, cu masa de până la opt ori cât masa Soarelui, heliul este produs în miezul stelei printr-o serie de fuziuni nucleare numită lanţul proton-proton, în care protonii - nuclee de hidrogen - fuzionează într-un lanţ de reacţii producând heliu -4 şi energie sub formă de căldură şi lumină. Această eliberare de energie în exterior contrabalansează forţa gravitaţională a contracţiei din interior, astfel încât steaua rămâne stabilă vreme de miliarde de ani, după cum se vede în figura 9.1.

După ce tot hidrogenul din miez s-a consumat, nu se mai eliberează energie de fuziune, care să contrabalanseze gravitaţia, iar steaua începe să intre în colaps. Energia sa gravitaţională potenţială se transformă în energie cinetică, încălzind steaua aflată în contracţie - deci mai densă. Hidrogenul din straturile de mijloc devine suficient de fierbinte pentru a începe să fuzioneze, ceea ce duce la formarea unui înveliş de heliu în jurul miezului de heliu. Căldura provenită din aceste reacţii face ca straturile exterioare ale stelei să se extindă, iar steaua creşte mult în raport cu dimensiunea ei iniţială. Expansiunea răceşte straturile exterioare, iar lumina emisă de ele are o lungime de undă mai mare. Steaua a devenit o gigantă roşie.

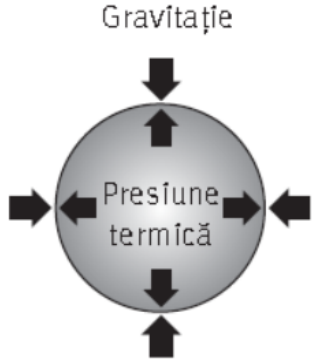


Figura 9.1 O stea stabilă în care presiunea termică din exterior este egală cu atracţia gravitaţională din interior.

Miezul de heliu al stelei va continua să se contracte până când temperatura ajunge la 100 de milioane de grade Kelvin. Este o temperatură suficient de mare pentru ca heliul să fuzioneze în carbon, eliberând energie care stopează colapsul gravitaţional şi produce o nouă perioadă de stabilitate. În funcţie de mărimea stelei - şi, astfel, de potenţialul ei de a genera, prin contracţie gravitaţională, temperaturi tot mai mari ale miezului -, acest proces fie se opreşte, fie continuă.

În cazul unei stele cu masa de două până la opt mase solare, în miezul şi în straturile ei sunt generate temperaturi diferite care fac să apară diverse produse de fuziune, în vreme ce straturile exterioare sunt expulzate sub formă de vânt stelar. În cazul unei stele cu masa de circa opt mase solare, reacţiile termonucleare vor duce la fuziunea azotului în carbon, a azotului în oxigen şi aşa mai departe, în cazul elementelor cu număr atomic tot mai mare, până la fier.

Spre deosebire de elementele care îl precedă, *fierul-56 nu eliberează energie atunci când fuzionează, pentru că este cel mai stabil dintre toate elementele.* Prin urmare, când miezul ajunge să fie format din fier forţa gravitaţională nu mai poate fi contrabalansată în nici un fel. Stelele mari care ajung în acest stadiu sau stelele mai mici care şi-au consumat combustibilul nuclear şi nu au generat prin contracţia gravitaţională o temperatură suficient de mare pentru a reporni procesul de fuziune intră în colaps. În cazul unei stele mici, electronii sunt comprimaţi, iar steaua devine o pitică albă; o stea medie îşi continuă colapsul, comprimându-şi neutronii şi devenind o stea neutronică; o stea mai mare va duce procesul şi mai departe, devenind o gaură neagră.

Energia uriaşă şi undele de şoc generate de un astfel de colaps gravitaţional aruncă în spaţiu cea mai mare parte din masa stelei, creând o creştere de scurtă durată a luminozităţii stelei, drept care aceasta ajunge să strălucească de până la o sută de milioane de ori mai puternic decât înainte; aceasta se numeşte o supernovă.

O stea cu masa de opt până la şaizeci de ori mai mare decât masa solară trece printr-un proces similar, dar mult mai rapid, de nucleosinteză care produce o supergigantă roşie cu straturi succesive de produse de fuziune - asemănătoare cu foile unei cepe, după cum se vede în figura 9.2.

După ce miezul ei ajunge să fie format numai din fier, supergiganta devine supernovă.

Tabelul 9.1 sintetizează produsele principale şi secundare ale nucleosintezei stelare, temperatura la care au loc reacţiile şi cât

durează consumarea combustibilului nuclear la aceste temperaturi.

Pg.168

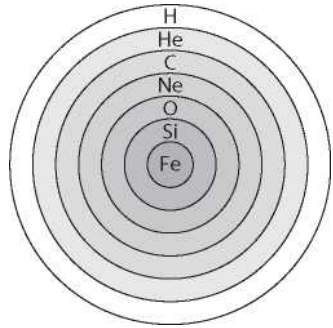


Figura 9.2 Modelul „foi de ceapă“ al unei supergigante roşii, unde H este simbolul pentru hidrogen, He pentru heliu, C pentru carbon, Ne pentru neon, O pentru oxigen, Si pentru siliciu şi Fe pentru fier.

Combustibil	Produs principal	Produse secundare	Temperatură (miliarde de grade Kelvin)	Durată (ani)
H	He	N	0,03	1×10^7
He	C, O	Ne	0,2	1×10^6
C	Ne, Mg	Na	0,8	1×10^3
Ne	O, Mg	Al, P	1,5	0,1
O	Si, S	Cl, Ar, K, Ca	2,0	2,0
Si	Fe	Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni	3,3	0,01

Sursa: James C. Lochner et al. (2005)

Tabelul 9.1 Nucleosinteza elementelor în stadii succesive ale stelelor mari.

Elementele mai grele decât fierul

Deşi un proton nu poate fuziona cu fierul-56 pentru a produce următorul element, cobaltul, fierul-56 poate capta trei neutroni într-o perioadă de mii de ani pentru a crea izotopul instabil fier-59, după care un neutron se dezintegrează într-un proton şi un electron, creând mai stabilul cobalt. Acest proces lent de captare a neutronilor în interiorul stelelor stă la baza formării multora dintre elementele mai grele decât fierul.

Căldura intensă a unei supernove creează un flux consistent de neutroni care sunt captaţi cu rapiditate de nucleele atomice pentru a genera nuclee mai grele, instabile, care se dezintegrează în alte elemente stabile, precum aurul, şi în majoritatea elementelor radioactive de origine naturală, precum toriul şi uraniul, care sunt aruncate de explozie în spaţiul interstelar rece.

Producerea de elemente prin radiaţie cosmică

Pentru că nucleele situate între heliu şi carbon nu sunt foarte stabile - de aici şi diferenţa de cinci nucleoni -, în stele se produc cantităţi mici de litiu, beriliu şi bor. Se crede că acestea sunt create mai ales atunci când razele cosmice - considerate a fi electroni şi nuclee expulzate de supernove cu o viteză apropiată de viteza luminii - se ciocnesc cu gazul şi praful interstelare; în urma ciocnirii se desprind fragmente care formează nucleele unor elemente mai uşoare.

Stelele de a doua şi a treia generaţie

Cosmologia ortodoxă susţine că norii de gaz şi praf interstelar produşi de supernove şi de vânturile stelare trec printr-un proces de colaps gravitaţional, deşi mecanismul nu este înţeles[101]. În urma acestui proces se naşte a doua generaţie de stele, care au o compoziţie mai complexă decât cele din prima generaţie, formate în principal din molecule de hidrogen; în consecinţă, procesele de fuziune sunt mai complexe. Şi aceste stele se vor transforma în supernove, aruncând parte din produsele lor în spaţiu. Se crede că stelele din a treia generaţie s-au format într-o manieră similară.

Elementele produse

Astfel, plecând de la nucleele simple de hidrogen, toate aceste procese generează nuclee din ce în ce mai mari şi mai complexe, ducând la cele circa 95 de nuclee de origine naturală care se găsesc în univers[102]. Două dintre ele (hidrogenul, care reprezintă 75%, şi heliul, 23%) formează cea mai mare parte din masa universului.

Opt elemente dintre cele 95 alcătuiesc aproximativ 98% din masa scoarţei Pământului, care constă mai ales în oxigen (47%), siliciu (28%), aluminiu (8%) şi fier (5%); oceanele cuprind în special oxigen (86%) şi hidrogen (11%).[4]

Deşi *oamenii sunt formaţi din 41 de elemente,* 99% din masa unui corp uman de talie medie e formată din numai 6 elemente: oxigen (65%), carbon (18%), hidrogen (10%), azot (3%), calciu (2%) şi fosfor (1%).[5]

Cu toate că nu se regăsesc decât în cantităţi foarte mici, elementele mai grele joacă un rol fundamental în evoluţia noastră. De exemplu, prin dezintegrare radioactivă, elementele uraniu, tor şi potasiu-40 generează căldură în scoarţa terestră, care va duce la mobilitatea plăcilor tectonice, necesară, după cum vom vedea imediat, pentru formarea biosferei, în vreme ce molibdenul este necesar pentru fixarea azotului, esenţial pentru metabolismul plantelor şi animalelor.

Reglajul fin al parametrilor nucleari

Din motive pe care le voi discuta în amănunt mai târziu, un anumit element este considerat esenţial pentru existenţa oamenilor şi a celorlalte forme de viaţă, şi anume carbonul, mai exact izotopul stabil carbon-12. Însă, cum a arătat Hoyle, pentru ca în interiorul stelelor să se producă suficient carbon-12 e necesar reglajul fin a trei parametri.

La pagina 131 am văzut că reglajul fin al lui Epsilon, care măsoară cât de puternic se leagă între ele nucleele de heliu, era o condiţie necesară pentru seria de reacţii în lanţ care duc la producerea elementelor şi, ulterior, la formarea atomilor şi moleculelor esenţiale pentru viaţă. Cei trei parametri ai lui Hoyle arată că este nevoie de anumite valori pentru ca reacţiile nucleare în lanţ să producă carbon. Reacţiile sunt reprezentate prin următoarele ecuaţii:

$$2He^4 + 0{,}99\ MeV \rightarrow Be^8$$

$$Be^8 + He^4 + 7{,}3667\ MeV \rightarrow C^{12} + 2\gamma$$

Aceste ecuaţii arată că este nevoie de o energie de 0,99 milioane de electron-volţi pentru a fuziona două nuclee de heliu-4 în izotopul instabil beriliu-8. Apoi, este nevoie de 7,3667 milioane de electronvolţi pentru a fuziona încă un nucleu de heliu-4 cu beriliul-8 pentru a produce nucleul stabil carbon-12 plus două raze gamma de mare energie. Ca să se producă aceste reacţii trebuie îndeplinite trei condiţii.

1. Viaţa izotopului Be^8 ($\sim 10^{-17}$ sec) trebuie să fie suficient de lungă în comparaţie cu timpul necesar ciocnirii $He^4 + He^4$ (10^{-21} sec), pentru a permite primei reacţii să aibă loc, dar nu trebuie să fie atât de stabilă încât lanţul reacţiilor să se oprească aici; este exact cât trebuie.
2. Hoyle a prezis că producţia de carbon ar fi neglijabilă atâta timp cât reacţiile nu sunt rezonante, cu o rezonanţă vitală a nucleului de carbon-12 de circa 7,7 MeV. În fuziunea nucleară, rezonanţa este un vârf al energiei, în care reacţia atinge eficienţa maximă. Experimentele au confirmat mai târziu că nivelul de rezonanţă al nucleului de carbon-12 este de 7,6549 MeV. Această valoare este doar cu puţin mai mare decât energia de 7,3667 MeV necesară pentru a fuziona heliul-4 cu beriliul-8, permiţând astfel reacţiei să se producă.
3. Fuziunea nucleului de carbon-12 cu un alt nucleu de heliu-4 ar produce un nucleu de oxigen. Dar nucleul de oxigen-16 are un nivel energetic de 7,1187 MeV. Această valoare este mai mică decât de 7,1616 MeV, energia totală a fuziunii carbon-12 + heliu-4. Dacă ar fi fost ceva mai mare, aproape tot carbonul ar fi fost rapid eliminat din interiorul

stelelor prin conversia în oxigen.[6]

Pg.171

Astfel, toţi aceşti parametri în lanţ - longevitatea izotopului instabil beriliu-8, existenţa unui nivel de rezonanţă avantajos al nucleului de carbon-12 şi absenţa unui nivel dezavantajos al rezonanţei în cazul oxigenului-16 - erau condiţii necesare şi remarcabil de fin reglate pentru a se produce suficient carbon, care stă la baza moleculelor de care depinde existenţa oamenilor şi a tuturor celorlalte forme de viaţă din univers.

Voi explica în cele ce urmează cum au ajuns aceste nuclee ale elementelor, încărcate pozitiv, să formeze moleculele necesare vieţii. Primul stadiu este formarea atomilor.

FORMAREA ATOMILOR[7]

La temperaturi mari şi, prin urmare, la energii mari, materialul unei stele este plasma: un gaz haotic format din nuclee de elemente, încărcate pozitiv, electroni, încărcaţi negativ, plus neutroni şi fotoni, adică particule de energie electromagnetică. După ce o stea şi-a epuizat combustibilul nuclear şi intră în colaps gravitaţional, supernova îşi aruncă cea mai mare parte a plasmei în spaţiul interstelar rece. Atunci când temperatura plasmei coboară sub pragul de 3000 K, nucleele elementelor captează electroni, formând atomi neutri şi molecule stabile în acord cu principiul conservării energiei, principiul conservării sarcinii şi cu legea interacţiunii electromagnetice[103].

Principiile conservării şi legea sunt necesare, dar nu şi suficiente pentru a explica de ce electronii încărcaţi negativ nu sunt atraşi în interiorul nucleelor încărcate pozitiv. Rezolvând această problemă, teoria cuantică a revoluţionat felul în care înţelegem materia la scară mică. Legile mecanicii cuantice şi principiul de excluziune al lui Pauli furnizează explicaţia ştiinţifică actuală pentru procesul prin care din plasma stelară răcită s-au format principalele componente ale fiinţelor umane.

Legile mecanicii cuantice

Conform teoriei cuantice, ceva atât de mic precum un electron se comportă ca şi cum ar fi simultan o particulă şi o undă. Un electron încărcat negativ poate interacţiona cu un nucleu încărcat pozitiv doar înconjurându-l pe o orbită în formă de cochilie, numită orbital, care are o energie discretă, notată cu E_2. Electronul poate pierde o cuantă de energie, E, căzând pe un orbital cu energie mai mică, notată cu E_1 , fenomen reprezentat prin relaţia

$$E = E_2 - E_1 = h\nu$$

unde h este constanta lui Planck, iar ν este frecvenţa energiei

pierdute ca radiaţie electromagnetică.

Pg,172

Invers, un electron poate câştiga energie absorbind o cuantă de energie şi sărind de pe un orbital cu energie mai mică pe unul cu energie mai mare.

Valoarea lui *h* este de aproximativ $4{,}136 \times 10^{-15}$ electronvolţi pe secundă. Nici o teorie nu explică de ce se întâmplă exact aşa. Fără această valoare discretă a energiei electronilor care orbitează, fiecare atom ar arăta altfel şi nici unul dintre ei nu ar fi stabil.

Fiecare orbital este numit printr-un număr cuantic *n*, o funcţie a distanţei electronului faţă de nucleu. Alte trei numere cuantice specifică felul în care un electron interacţionează cu un nucleu: *l*, numărul cuantic angular, denotă forma orbitalului; m_l, numărul cuantic magnetic, denotă orientarea orbitalului, iar m_s, numărul cuantic de spin, denotă direcţia spinului electronului pe axa sa de orientare.

Soluţiile ecuaţiilor mecanicii cuantice care descriu aceste interacţiuni indică distribuţiile probabile ale electronului în jurul nucleului. Chiar şi aşa, ele permit un număr inimaginabil de mare de tipuri de atomi posibile, fiecare având stări de energie diferite pentru fiecare element. O ipoteză lansată de Wolfgang Pauli în 1925 nu numai că a explicat că toţi atomii unui element sunt identici, ci a făcut predicţii, confirmate mai târziu de experimente, care au stat la baza chimiei aşa cum o înţelegem azi.

Principiul de excluziune al lui Pauli

Principiul de excluziune al lui Pauli spune că *doi electroni dintr-un atom sau dintr-o moleculă nu pot avea aceleaşi numere cuantice*[104]. Nici în acest caz nu există vreo teorie care să ne explice de ce trebuie să se întâmple exact aşa, dar intuiţia profundă a lui Pauli a permis mecanicii cuantice, un domeniu aflat în plină dezvoltare, să fie concordantă cu observaţiile şi experimentele.

Este diferit de alte legi fizice, fiindcă este nondinamic - nu ţine cont de distanţă sau de timp - şi nu are nimic de spus despre comportamentul unui electron individual, ci se aplică doar unor sisteme formate din doi sau mai mulţi electroni. Această lege universală selectează un mic set de stări energetice ale materiei dintr-un număr extrem de mare de posibilităţi; face ca toţi atomii aceluiaşi element să fie identici şi dictează felul în care se pot lega atomii, fie că aparţin aceluiaşi element sau unor elemente diferite. În consecinţă, explică starea unui element - cum poate fi gaz, lichid sau solid şi, în cazul din urmă, cum poate avea o stare metalică sau cristalină -, precum şi tabelul periodic în care sunt grupate elementele conform proprietăţilor lor fizico-chimice, aşa cum se vede în figura 9.3.

114 elemente cunoscute şi alte 4 a căror existenţă este prezisă sunt dispuse pe rânduri orizontale în funcţie de numărul atomic, adică numărul de protoni din nucleul atomic. Rândurile sunt aranjate în aşa fel încât elementele care au aproximativ aceleaşi proprietăţi chimice să apară în aceeaşi coloană (grup), iar fiecare rând să se încheie cu un gaz nobil, care are orbitalul exterior, sau de valenţă, ocupat cu numărul maxim de electroni permis de principiul de excluziune al lui Pauli, şi este foarte stabil şi în general inert. Poziţia unui element în sistemul periodic oferă chimiştilor cel mai bun ghid în prezicerea proprietăţilor moleculelor care se formează din atomii respectivului element şi explică cum anume atomii simpli se transformă în moleculele complexe din care suntem alcătuiţi.

Reglajul fin al parametrilor atomici

Formarea tuturor atomilor şi moleculelor stabile depinde nu doar de legile mecanicii cuantice şi de principiul de excluziune al lui Pauli, ci şi de valorile a doi parametri fără dimensiune.

Constanta de structură fină, α, este constanta de cuplaj, sau o măsură a tăriei forţei electromagnetice care guvernează felul în care o particulă elementară încărcată electric, precum electronul, interacţionează cu un foton. Valoarea sa, de 0,0072973525376, este independentă de unităţile de măsură folosite pentru a determina sarcina electrică.

Similar, proporţia dintre masa protonului şi masa electronului, β, are o valoare fără dimensiune de 1836,15267247. Nici o teorie nu explică de ce aceste două numere pure au exact respectivele valori. Dacă valorile ar fi fost substanţial diferite, nu s-ar fi format atomi sau molecule stabile.[8]

EVOLUŢIA ATOMILOR

Atomii formaţi prin răcirea plasmei de nuclee şi electroni aruncate în spaţiul interstelar se leagă şi evoluează în forme mai complexe. Acest proces vizează obţinerea stării celei mai stabile şi cu energia cea mai scăzută. În practică, asta înseamnă configuraţia electronică cea mai apropiată de starea în care orbitalii din stratul de valenţă conţin cel mai mare număr de electroni permis de principiul de excluziune al lui Pauli.

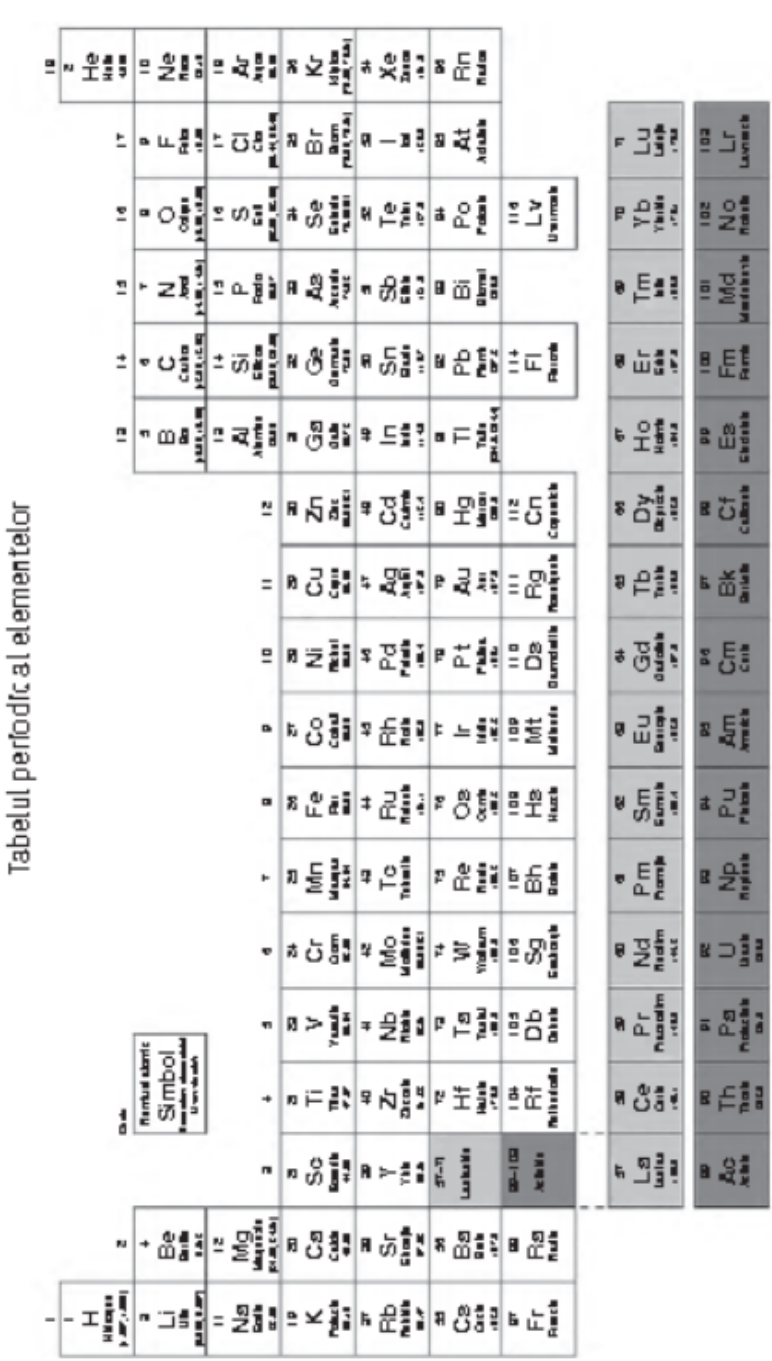


Figura 9.3 Tabelul periodic al elementelor. Recunoscut de International Union of Pure & Applied Chemistry în 2013. Existenţa celor patru elemente care ar trebui să completeze ultimul rând aşteaptă încă să fie confirmată.

Atomii gazelor nobile au această configuraţie în mod natural şi sunt stabili. Alţi atomi ating stabilitatea legându-se cu unul sau mai mulţi electroni de acelaşi fel, printr-una din următoarele patru metode.

Metode de legare

Legătura ionică (prin schimb de electroni)

Un atom cedează unul sau mai mulţi dintre electronii săi de valenţă unui atom al unui element căruia îi lipsesc mai mulţi electroni din stratul de valenţă. De exemplu, sarea comună (de masă), stabilă, se produce atunci când un atom foarte reactiv de sodiu, Na, intră în reacţie cu un atom foarte reactiv de clor, Cl, donându-şi singurul electron de valenţă pentru a produce un ion de sodiu încărcat pozitiv şi stabil, cu un nou strat de valenţă, pe un orbital inferior, încărcat cu opt electroni, precum gazul nobil neon, şi un ion stabil de clor, încărcat negativ, cu un strat de valenţă completat integral, precum gazul nobil argon. Produsul este reprezentat prin formula $Na + Cl^-$. Ionul pozitiv care donează şi ionul negativ care primeşte se atrag unul pe altul prin intermediul forţei electrice.

Legătura covalentă (prin electroni puşi în comun)

În loc să primească un electron de la un atom al unui element diferit, un atom de clor poate împărtăşi un electron cu un alt atom de clor pentru a forma o moleculă diatomică de clor, Cl_2.[105] Completarea stratului de valenţă prin electroni puşi în comun produce o configuraţie mai puţin stabilă decât completarea lui cu un singur electron şi, astfel, moleculele de gaz de clor sunt mai reactive decât sarea.

Atomii unui element pot împărtăşi unul sau mai mulţi electroni cu atomii altui element pentru a forma o moleculă compusă. Un atom de hidrogen are un singur electron în stratul de valenţă, deşi principiul de excluziune al lui Pauli ar permite să aibă doi. Un atom de oxigen are şase electroni, când principiul îi permite să aibă opt. Doi atomi de hidrogen îşi împart electronii cu cei şase din stratul de valenţă al unui atom de oxigen pentru a forma o moleculă stabilă de apă, H_2O.

Legătura metalică

Aceasta apare atunci când atomii aceluiaşi element pierd fiecare câte un electron pentru a forma o matrice de ioni pozitivi ţinuţi laolaltă de un bazin de electroni liberi. Spre deosebire de legătura covalentă, electronii sunt liberi să se mişte şi, de aceea, o substanţă legată metalic conduce electricitatea.

Legătura Van der Waals

Aceasta este o legătură electrostatică între molecule neutre din punct de vedere electric care apare pentru că, datorită formei moleculei, distribuţia sarcinii electrice nu este simetrică. Separarea microscopică a centrilor de sarcină pozitivă şi negativă face ca marginea încărcată pozitiv a unei molecule să atragă marginea încărcată negativ a unei molecule identice ş.a.m.d. La presiunea atmosferică normală, între 0 şi 100 de grade Celsius, legătura van der Waals ţine laolaltă moleculele de apă într-o stare fluidă. La temperaturi mai mari, energiile mai mari rup aceste legături, iar moleculele de apă ajung să existe ca entităţi separate, în stare gazoasă. La temperaturi mai mici, cu o agitaţie termală mai mică, aceste legături sunt suficient de puternice încât să ţină moleculele într-o stare solidă şi cristalină, gheaţa.

Aşadar, legăturile dintre atomi sunt responsabile nu numai pentru proprietăţile chimice - felul în care atomii interacţionează cu alţi atomi -, ci şi pentru structura fizică a substanţelor.

Structurile cristaline

Cu excepţia heliului, la o temperatură potrivită toţi atomii, toate moleculele şi toţi ionii există într-o stare solidă, de obicei cristalină, în care atomii, moleculele sau ionii sunt legate nu doar între ele, ci şi cu multe altele, într-o structură de matrice: un tipar regulat, care se repetă şi care se extinde în toate cele trei dimensiuni spaţiale. Toate cele patru tipuri de legături duc la formarea de structuri cristaline, iar structura şi metoda de legare determină proprietăţile fizice ale solidului. De exemplu, atomii de clor şi de sodiu legaţi ionic formează cristale de sare comună (de masă), în vreme ce atomii de carbon legaţi covalent există sub formă de grafit sau de diamant.

Unicitatea carbonului

Carbonul, elementul aflat pe locul patru ca frecvenţă în univers, are proprietăţi unice în materie de legare. În parte, acest lucru se datorează faptului că este un element cu electronegativitate mare - capacitatea relativă a unui atom de a atrage electroni de valenţă. Un atom de carbon are patru electroni în stratul exterior, sau de valenţă, deşi principiul de excluziune al lui Pauli i-ar permite opt; se poate lega simultan cu alţi patru atomi. Carbonul este elementul care prezintă cea mai mare tendinţă de a forma legături covalente şi, în particular, are o remarcabilă tendinţă de a se lega cu atomi de acelaşi fel; este capabil să formeze nu doar o singură legătură, cu o singură pereche de

electroni comuni de valenţă, ci, de asemenea, legături duble (câte două perechi) sau chiar triple (trei perechi). O altă proprietate specială a carbonului este capacitatea de a forma structuri sub formă de foaie, de inel sau lanţuri lungi în care se leagă de alţi atomi.

Pg.177

Aceste proprietăţi fac posibilă o gamă extrem de largă de molecule mari şi complexe - numite molecule organice -, multe dintre ele se găsesc în toate formele de viaţă identificate până acum. În consecinţă, carbonul este esenţial pentru viaţă aşa cum o cunoaştem. Fără carbon, noi n-am fi existat.

MOLECULE ÎN SPAŢIU

Analiza spectroscopică arată că spaţiul interstelar oferă condiţii limitate pentru evoluţia moleculelor complexe plecând de la nucleele şi atomii expulzaţi de supernove. Printre moleculele detectate se numără molecule simple, diatomice, precum hidrogenul, H_2, sau monoxidul de carbon, CO, până la molecule organice care conţin până la 13 atomi, precum acetona, $(CH_3)_2CO$[9], trans-etil metil eterul, $CH_3OC_2H_5$[10], şi cianodecapentainã, $HC_{10}CN$[11], dar până acum nu s-au descoperit molecule mai complexe de-atât. În funcţie de temperatura respectivei regiuni din spaţiu, aceşti atomi şi molecule interstelare se găsesc fie în stare gazoasă, fie în stare solidă („praf interstelar").

Molecule cu o complexitate similară au fost descoperite şi în sistemul nostru solar, într-o clasă de meteoriţi cunoscuţi sub numele de condriţi carbonici. Conform datării cu carbon radioactiv, aceştia au între 4,5 şi 4,6 miliarde de ani vechime şi par să fie material din centura de asteroizi. Aceste roci, formate în special din silicaţi, conţin o varietate de molecule organice care includ aminoacizii simpli, elementele din care se compun proteinele.[12]

Cele mai complexe molecule au fost descoperite pe o planetă. Condiţiile de la suprafaţa Pământului au furnizat mediul propice evoluţiei celui mai complex sistem molecular cunoscut până acum, fiinţa umană. Mă voi ocupa de felul în care a început şi s-a desfăşurat acest proces în partea a doua a cărţii: Apariţia şi evoluţia vieţii.

CONCLUZII

1. Cu toate că există mai multe opinii cu privire la formarea atomilor de heliu, teoria ştiinţifică acceptată în general, bine susţinută de observaţiile spectroscopice, este aceea că nucleele simple de hidrogen au evoluat formând nucleele tuturor celorlalte elemente de origine naturală, prin intermediul reacţiilor de fuziune în lanţ, al captării de neutroni şi al dezintegrării în interiorul stelelor şi în supernove. Aceste

procese au fost întreţinute de transformări succesive ale energiei gravitaţionale potenţiale în energie cinetică când stelele de diferite mărimi au început să se contracte pe măsură ce combustibilul nuclear specific fiecărui stadiu se consumase, plus energia generată de colapsul gravitaţional produs când stelele, rămase fără combustibil nuclear, au devenit supernove.

Pg.178

2. Nucleele încărcate pozitiv, laolaltă cu electronii încărcaţi negativ, au fost aruncate de supernove în spaţiul interstelar rece. Aici au devenit atomi şi molecule neutre, proces întreţinut în principal de fluxurile de energie în concordanţă nu doar cu principiul conservării energiei şi sarcinii şi cu legea forţei electromagnetice, ci şi cu legile mecanicii cuantice şi cu principiul de excluziune al lui Pauli.

3. Spre deosebire de cele două principii ale conservării, care sunt în general considerate axiomatice, legile cuantice şi principiul de exluziune al lui Pauli nu sunt considerate aşa. Într-adevăr, din multe puncte de vedere mecanica cuantică este contraintuitivă. Ea explică totuşi cum se formează atomii şi cum evoluează în molecule tot mai complexe care se găsesc în spaţiul interstelar, în meteoriţi despre care se crede că îşi au originea în centura de asteroizi din sistemul nostru solar şi pe suprafaţa Pământului.

4. Chiar dacă sunt necesare, nici principiile de conservare, nici teoria cuantică nu sunt suficiente pentru a explica cum au evoluat moleculele organice complexe din care se compun toate formele de viaţă, inclusiv noi. Dacă valorile a trei parametri nucleari ar fi fost fie şi puţin diferite, în stele nu s-ar fi format suficient carbon încât să apară moleculele organice; dacă valorile celor două constante fără dimensiune - constanta de structură fină şi proporţia de masă proton/electron - ar fi fost puţin diferite, nu s-ar fi format atomi şi molecule. Nici o teorie nu explică de ce aceşti parametri au exact valorile pe care le au.

5. La scară mică, materia a evoluat de la o stare simplă la stări din ce în ce mai complexe.

În capitolul următor voi examina în detaliu acest tipar predominant de complexificare şi, în particular, ce anume l-a cauzat şi prin ce mecanisme a fost obţinut.

Pg.179

CAPITOLUL 10
Tiparul evoluţiei materiei

Dacă se dovedeşte că teoria ta contrazice cel de-al doilea

principiu al termodinamicii, nu pot să-ţi dau nici o speranţă; n-o aşteaptă nimic în afară de cea mai adâncă umilinţă.

Sir Arthur Eddington, 1929

Capitolul 8 arată că, dacă actuala explicaţie cosmologică ortodoxă este corectă, atunci dintr-o izbucnire de radiaţie fierbinte şi extrem de densă materia a apărut sub forma unei plasme haotice şi dezordonate de particule fundamentale care se formau şi se anihilau spontan în/din energia de radiaţie. Acestea au evoluat la scara întregului univers într-o ierarhie de sisteme stelare dinamice complexe, galaxii, grupuri locale de galaxii, roiuri şi superroiuri separate de regiuni de vid de forma unor bule. Elementele de la fiecare nivel nu sunt identice şi un nivel de ordin superior nu este pur şi simplu o versiune la scară mai mare a nivelului de ordin imediat inferior: universul este un întreg complex, dinamic. De la sfârşitul anilor '90 ai secolului trecut, cosmologia ortodoxă a pretins că expansiunea decelerată s-a transformat în expansiune accelerată după aproximativ 9 miliarde de ani, iar asta înseamnă că procesul de complexificare la scară mare s-a oprit în acel moment, adică acum aproximativ 5 miliarde de ani.

Capitolul 9 prezintă explicaţia ştiinţifică acceptată că, la scară mică, nucleele simple de hidrogen au evoluat şi au format nucleele celor 95 de elemente, care apoi au evoluat şi au format atomi şi molecule tot mai complexe, iar acest proces a dus până la urmă la cele mai complexe forme de viaţă din universul cunoscut, fiinţele umane.

Voi încerca în cele ce urmează să arăt în ce măsură acest proces de complexificare a întregii materii - atât la scară mică, cât şi la scară mare - se potriveşte cu legile ştiinţifice cunoscute, pentru a vedea ce l-a provocat şi cum s-a produs.

CONCORDANŢA CU LEGILE ŞTIINŢIFICE CUNOSCUTE

Principiul conservării energiei

Pg.180

Principiul conservării energiei a fost obţinut pornind de la prima lege a termodinamicii, care a fost la rândul ei stabilită, în secolul al XlX-lea, pornind de la experimentele cu motoare cu abur desfăşurate de James Prescot Joule şi alţii. Termodinamica înseamnă mişcarea căldurii, iar legea spune că energia este mereu conservată în asemenea mişcări. Mai precis:

prima lege a termodinamicii Creşterea energiei interne a unui sistem care foloseşte sau produce căldură este egală cu cantitatea de energie termică adăugată sistemului minus lucrul desfăşurat de sistem în mediul său.

Principiul a fost extins după aceea pentru a cuprinde toate cele trei

forme de energie identificate până acum:

1. Energia mişcării. Aceasta include energia cinetică a corpurilor aflate în mişcare, căldura (cauzată de mişcarea moleculelor unei substanţe), energia electrică (cauzată de mişcarea electronilor) şi energia radiaţiei (cauzată de mişcările undelor electromagnetice şi ale anumitor particule).
2. Energia înmagazinată (energia potenţială). Aceasta include următoarele: energia elastică înmagazinată într-un arc întins, care poate fi eliberată dacă arcul este destins; energia gravitaţională potenţială a unei mase care poate fi convertită în energie cinetică dacă masa este eliberată şi cade înspre o altă masă, fiind atrasă de câmpul gravitaţional al acestei mase; energia dintr-o legătură chimică, ce poate fi convertită în căldură prin intermediul unei reacţii chimice.
3. Energia masei de repaus ($E = mc^2$). Derivă din teoria relativităţii restrânse a lui Einstein; poate fi convertită în energie a mişcării, aşa cum se întâmplă cu fuziunea nucleară din nucleul stelelor, unde, de exemplu, în cadrul reacţiei în lanţ de tip proton-proton, masa de repaus a patru protoni fuzionează în masa de repaus mai mică a unui nucleu de heliu-4, diferenţa fiind convertită în energia căldurii şi a radiaţiei luminoase.

Atunci când o lege se aplică tuturor tipurilor de fenomene, este mai corect s-o denumim principiu. Deşi graniţa dintre cele două nu este întotdeauna clară, următoarele definiţii ne ajută să le diferenţiem:

lege ştiinţifică sau naturală Un enunţ general şi succint, care poate fi testat prin observaţie sau experiment şi pentru care nu au fost descoperite rezultate contrare repetabile, conform căruia o gamă de fenomene naturale se comportă invariabil la fel în anumite limite specificate. De obicei, este exprimat printr-o singură ecuaţie matematică. Rezultatul aplicării unei astfel de legi poate fi prezis cunoscând valorile variabilelor care specifică fenomenul particular luat în considerare.

De exemplu, a doua lege a mişcării a lui Newton spune că acceleraţia unui obiect este direct proporţională cu forţa netă ce se exercită asupra lui şi invers proporţională cu masa lui. Dacă ştim masa unui corp şi forţa netă care acţionează asupra lui, putem aplica legea pentru a prezice acceleraţia masei. Teoria relativităţii restrânse a introdus limitarea că o forţă nu poate face un corp să accelereze cu o viteză egală sau mai mare decât viteza luminii.

principiu ştiinţific sau natural O lege despre care se consideră că este naturală şi adevărată în mod universal.

În vreme ce prima lege a termodinamicii descrie energia termică şi lucrul desfăşurat de aceasta (energia cinetică în care este

transformată), principiul conservării energiei se aplică tuturor formelor de energie.

principiul conservării energiei Energia nu poate fi nici creată, nici distrusă; energia totală a unui sistem izolat rămâne constantă, deşi poate fi transformată dintr-o formă într-alta.

Prin urmare, indiferent de condiţiile oricărei interacţiuni, energia totală dintr-un sistem izolat este întotdeauna aceeaşi înainte şi după, dacă facem calculele corect.

Aplicarea acestui principiu la transformările energiei care duc la o creştere a complexităţii materiei din univers ridică trei întrebări.

Intrebarea 1: Care este valoarea iniţială a energiei?

Explicaţia cosmologică ortodoxă, adică teoria Big Bangului, spune că universul a fost creat din nimic, aşadar energia iniţială trebuie să fi fost zero; aceeaşi teorie sugerează că universul a început să existe ca o explozie masivă de energie. Încercarea de a explica această contradicţie prin conjectura unei energii nete zero produce o contradicţie logică[106]. Alte conjecturi, precum cele despre existenţa unui univers anterior care a intrat în colaps sau altele de acelaşi fel nu pot fi testate şi cu atât mai puţin ne oferă o estimare a energiei. Adevărul este că nu avem nici o cale, teoretică sau empirică, pentru a estima cantitatea iniţială de energie a universului atunci când încercăm să explicăm transformările energiei din universul luat ca întreg.

Intrebarea 2: Care este valoarea finală a energiei?

Geometria plată presupusă în modelul Big Bangului presupune că universul este infinit în întindere şi, astfel, este imposibil să determinăm cu exactitate energia sa finală. Este valabil şi pentru alte conjecturi în care se presupune că universul are întindere infinită. Adăugarea arbitrară a unei energii întunecate necunoscute pentru a explica trecerea la expansiunea accelerată a universului face ca răspunsul la această întrebare să devină şi mai greu de dat, dacă se poate aşa ceva.

Pg.182

Modelele cu o geometrie închisă care duc la un univers ce se termină cu un Big Crunch ar produce o energie finală egală cu energia iniţială din univers, dar în momentul de faţă nu există în lucru astfel de modele; pentru cosmologii ortodocşi, ele implică faptul că universul constă într-o cantitate încă şi mai mare de materie întunecată, care depăşeşte cu mult cantitatea arbitrară de energie întunecată necunoscută.

Singura concluzie rezonabilă este că nu putem şti cu siguranţă dacă şi cum principiul conservării energiei se aplică universului ca

întreg.

Dacă lăsăm deoparte valoarea iniţială şi valoarea finală, observaţiile arată că principiul se aplică proceselor izolate care au loc în univers. Ajungem astfel la cea de-a treia întrebare.

Intrebarea 3: Transformările energiei sunt reversibile?

Principiul conservării energiei este simetric. Permite moleculelor de aer rece să se ciocnească cu moleculele de apă fierbinte dintr-un pahar şi să câştige energie cinetică prin transfer de la moleculele de apă, astfel încât aerul care înconjoară paharul se încălzeşte, în vreme ce apa se răceşte. Permite, de asemenea, moleculelor de aer rece să transfere o parte din energia lor cinetică moleculelor de apă fierbinte, încălzind şi mai mult apa, în vreme ce aerul din jurul paharului devine şi mai rece. Permite masei-energie a unei bombe nucleare să fie transformată prin detonare în căldură şi energie de radiaţie, iar acestea să se transforme apoi, invers, în masă-energie. Astfel de transformări inverse nu sunt observate natural, ceea ce a dus la principiul creşterii entropiei.

Principiul creşterii entropiei

Acest principiu a fost dezvoltat plecând de la a doua lege a termodinamicii, care a cunoscut multe formulări diferite în secolul al XlX-lea, pentru a limita prima lege a termodinamicii la ceea ce poate fi observat. Poate fi exprimată astfel:

a doua lege a termodinamicii Căldura nu trece niciodată spontan de la un corp rece la un corp cald; energia trece mereu de la formele mai utilizabile la cele mai puţin utilizabile.

Este o lege statistică a probabilităţilor, care nu are nimic de spus despre comportamentul particulelor individuale. De exemplu, nu spune că o moleculă de aer rece nu poate pierde energie cinetică prin ciocnirea cu o moleculă de apă caldă. Ea spune totuşi că probabilitatea ca multe asemenea interacţiuni spontane să se petreacă şi, astfel, ca apa caldă să se încălzească şi mai mult, iar aerul din jur să se răcească şi mai mult este neglijabilă.

Pg.183

În 1877, Ludwig Boltzmann a exprimat această lege sub forma unei ecuaţii, folosind conceptul de entropie, introdus în 1862 de Rudolf Clausius. De atunci, conceptul a fost dezvoltat pentru a descrie fenomene mai generale decât sistemele termodinamice; a fost, de asemenea, extins pentru a încorpora ideea că organizarea unui sistem ne oferă informaţii despre el însuşi. Poate fi acum definit astfel:

entropie O măsură a gradului de dezordine sau dezorganizare a părţilor componente ale unui sistem închis; o măsură a energiei care nu poate fi utilizată. Cu cât este mai mică

entropia, cu atât creşte gradul de organizare a părţilor componente şi, prin urmare, se obţin mai multă energie utilizabilă şi mai multe informaţii prin observarea configuraţiei sale. La punctul de maximă entropie, configuraţia este aleatorie şi uniformă, fără vreo structură şi fără energie utilizabilă; acest moment apare atunci când sistemul a atins o stare de echilibru[107].

Într-un sistem ciclic ideal, transformările energiei sunt reversibile, iar în astfel de cazuri ecuaţiile matematice arată că entropia revine la valoarea iniţială la sfârşitul fiecărui ciclu, rămânând astfel la acelaşi nivel. Totuşi, toate transformările energetice observate sunt ireversibile, iar entropia creşte.

A doua lege a termodinamicii, care se aplică căldurii şi transformărilor energiei mecanice, poate fi extinsă la un principiu general care descrie toate transformările energetice cunoscute în termeni de entropie. El poate fi exprimat într-o formă non-matematică astfel:

principiul creşterii entropiei În timpul oricărui proces dintr-un sistem izolat, entropia fie rămâne la acelaşi nivel, fie, cel mai adesea, creşte, adică dezordinea creşte, energia disponibilă scade, iar informaţia se pierde în timp pe măsură ce sistemul evoluează către o stare de echilibru.

Mai simplu spus, orice schimbare dintr-un sistem izolat faţă de alte forme de energie sau materie tinde să producă o stare care este tot mai probabilă, ducând la o pierdere de energie utilizabilă şi de informaţie.

Toate dovezile arată însă că evoluţia materiei, atât la scară mică, cât şi la scară mare, contrazice acest principiu.

CONTRADICŢII ALE PRINCIPIULUI CREŞTERII ENTROPIEI

Sistemele locale

Pg.184

Ştiinţa explică faptul că sporirea ordinii şi complexităţii apare în sistemele locale deschise, nu în sistemele izolate; *asemenea descreşteri locale ale entropiei sunt compensate de creşteri ale entropiei în alte locuri din univers*. Astfel, biosfera Pământului este un sistem în care moleculele organice au devenit tot mai complexe, evoluând în celule şi în forme de viaţă din ce în ce mai complexe, până la cele mai complexe fiinţe existente în univers, fiinţele umane. Biosfera Pământului este un sistem deschis, iar această creştere locală a ordinii - şi, implicit, scăderea entropiei - este determinată în principal de căldura şi de energia luminoasă provenite de la Soare, care, în

consecinţă, pierde energie şi suferă o creştere a entropiei pe măsură ce îşi epuizează ireversibil combustibilul nuclear.

Încercările de a explica mecanismele unor astfel de scăderi ale entropiei au dus la numeroase teorii ale complexităţii şi ale sistemelor. Acestea datorează mult studiilor despre sistemele auto-organizatoare desfăşurate între 1955 şi 1975 la Universitatea din Bruxelles de chimistul Ilya Prigogine, recompensat cu Premiul Nobel, la care s-au adăugat eforturile lui Manfred Eigen, de asemenea chimist, care a lucrat în anii ’70 la Institutul pentru Chimie Fizică „Max Planck“ din Gottingen. Simplu spus, ei susţin că o structură complexă poate apărea dintr-un sistem deschis, dezordonat, prin intermediul unui flux de energie şi materie, iar acest flux poate păstra structura complexă într-o stare stabilă - dar nu fixă - departe de echilibru, în ciuda continuei schimbări a componentelor sistemului. În această stare, sistemul este sensibil la schimbări mici: dacă fluxul se intensifică, structura se confruntă cu noi instabilităţi, din care pot apărea structuri şi mai complexe, care se află încă şi mai departe de echilibru.

Vortexurile care se formează în fluide oferă dovezi în acest sens: aici includem cicloanele care apar în atmosfera Pământului şi tiparele elaborate pe care le vedem pe suprafaţa lui Jupiter. Figura 10.1 arată un vortex format de fluxul de aer produs de aripa unui avion în mişcare.

Figura 10.1 Flux de aer produs de aripa unui avion, făcut vizibil cu ajutorul unei tehnici care foloseşte fum colorat răspândit de la sol .

Această imagine seamănă izbitor cu o nebuloasă spiralată, din care, se presupune, se formează o stea împreună cu sistemul ei planetar sau cu o galaxie spirală. Un tipar comun nu înseamnă neapărat o cauză comună, dar este o asemănare sugestivă.

Universul

Prin definiţie, universul cuprinde toată materia şi energia care există. Chiar dacă am accepta speculaţia asupra existenţei altor universuri într-un multivers, ele nu sunt în contact fizic cu universul nostru, despre care putem spune, de aceea, că este un sistem izolat. Astfel, explicaţia conform căreia scăderile entropiei în sistemele locale, deschise, sunt compensate printr-o mult mai mare creştere a entropiei în alte locuri din univers nu poate fi folosită pentru complexificarea observată în univers.

Pg. 185

Pentru a se stabili dacă fenomenul creşterii în complexitate observat în evoluţia materiei la scara universului este în concordanţă cu principiul creşterii entropiei, actualul model cosmologic ortodox trebuie să răspundă la patru întrebări interconectate. 0000

Întrebarea 1: Care este starea iniţială a universului: entropia minimă sau maximă?

În opinia lui Paul Davies, profesor de fizică teoretică la Universitatea din Newcastle upon Tyne, Marea Britanie, „ceea ce provine dintr-o singularitate [de tipul Big Bangului] este fie complet haotic şi nestructurat, fie coerent şi organizat."[1] Dacă cineva crede că Davies încearcă să joace la sigur, ar trebui să ştie că tot el spune, cu şase pagini înainte, că un univers pornit dintr-o singularitate la Big Bang „nu a fost unul cu organizare maximă, ci unul simplu şi aflat în echilibru". El descrie astfel o stare de entropie maximă. Poate că motivul pentru care Davies a încercat după aceea să lase loc oricărei alte opinii este faptul că Roger Penrose ajunge la concluzia contrară: „Faptul că [Big Bangul] trebuie să fi avut o entropie extrem de mică [o stare de organizare maximă] este deja evident prin prisma existenţei celei de-a doua legi a termodinamicii."[2] Penrose presupune că a doua lege a termodinamicii (mai exact principiul creşterii entropiei) se aplică întregului univers şi, prin urmare, starea lui iniţială trebuie să fi fost caracterizată de o entropie minimă. Acesta este un argument circular şi, prin urmare, lipsit de validitate.

Mai mult, contrazice a treia lege a termodinamicii.

a treia lege a termodinamicii Entropia unui cristal perfect ordonat la temperatura de zero absolut este zero.

Pg.186

Actualul model ortodox al cosmologiei spune că materia iniţială a universului era o plasmă nestructurată şi dezorganizată de particule fundamentale, care se formau din energia de radiaţie şi se anihilau producând astfel de energie, prea fierbinte ca să permită formarea vreunei structuri. Aceasta este în mod evident o stare de entropie

ridicată, prezentând un echilibru perfect între materie şi energie la o temperatură aproape infinită, imediat după singularitatea Big Bangului cu entropie maximă, cum a conchis iniţial Davies.

Întrebarea 2: Este evoluţia materiei la scara universului entropică sau antientropică, altfel spus, entropia creşte sau descreşte?

Figura 10.2 ilustrează această dilemă cu care se confruntă modelul ortodox.

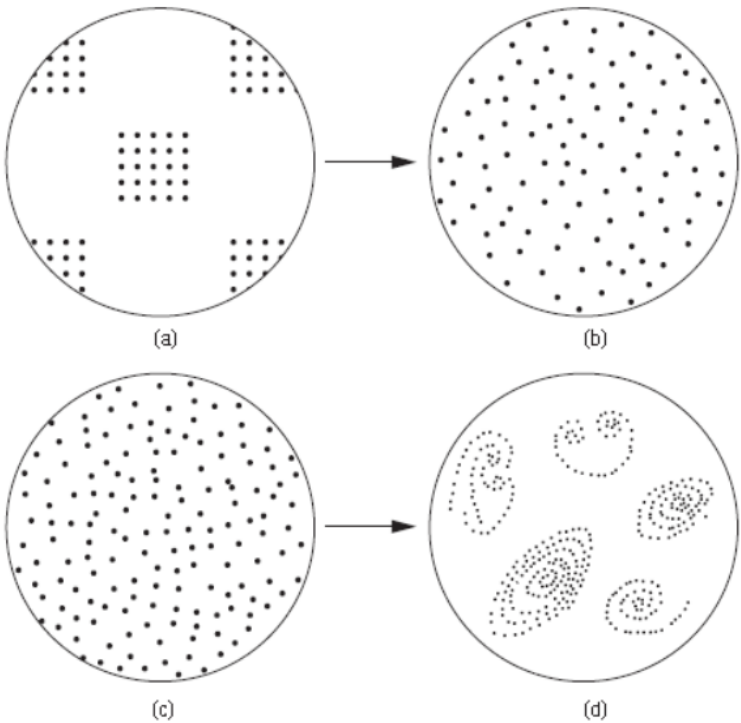


Figura 10.2 Comparaţie a entropiei la scară mică şi la scara universului. Sfera (a) conţine molecule de gaz într-un aranjament ordonat (entropie redusă) care produce în curând o stare de echilibru dezordonat (entropie ridicată) din pricina ciocnirii moleculare, aşa cum se vede în sfera (b), în conformitate cu principiul creşterii entropiei. Sfera (c) conţine molecule primordiale care fac exact opusul. Plecând de la o stare de dezordine iniţială (entropie ridicată) şi în ciuda expansiunii universului, formează tipare ierarhice mai ordonate - galaxii, grupuri locale etc. -, (cu entropie mică), aşa cum se vede în sfera (d).

Pg.187

Figura 10.2 (a) arată molecule de gaz într-o sferă unde sunt

constrânse să stea într-un aranjament ordonat, adică într-o stare de entropie redusă. Odată eliberate de această constrângere şi la o temperatură mai mare decât zero absolut, moleculele se deplasează cu viteze diferite şi se ciocnesc unele de altele.

Respingerea electronilor încărcaţi negativ de la suprafaţa fiecărei molecule este cu mult mai mare decât atracţia gravitaţională dintre molecule, astfel încât în urma ciocnirii acestea vor ajunge rapid să umple întreaga sferă, ceea ce, la o temperatură uniformă, duce la echilibrul termodinamic, după cum se vede în sfera (b). Aceasta este o stare de entropie maximă.

Sfera (c) arată moleculele primordiale (circa 75% hidrogen şi 25% heliu, ca masă) imediat după ipoteticul Big Bang. Ele constituie toată materia din univers şi sunt distribuite în întreg spaţiul care exista la acel moment. Se află într-o stare de entropie extrem de ridicată (dezordine), în vreme ce spaţiul dintre ele se extinde. Dacă s-ar fi aflat în echilibru termodinamic, ar fi fost într-o stare de entropie maximă.

La paginile 116 şi 123 am prezentat explicaţia modelului ortodox, alături de o critică a felului în care a evoluat acest nor molecular primordial, prin intermediul atracţiei gravitaţionale, în structuri precum galaxiile, grupurile locale de galaxii, roiurile şi superroiurile, după cum se vede în sfera (d).

Procesul, aşa cum este prezentat în tranziţia de la sfera (c) la sfera (d), este inversul celui prezentat în tranziţia de la sfera (a) la sfera (b): este antientropic.

Penrose susţine însă că este entropic.

Atât el, cât şi Stephen Hawking[3] spun că „aglomerarea" corpurilor care gravitează produce dezordine. Dar observaţiile arată limpede că galaxiile şi celelalte structuri sunt mai ordonate decât norii de materie din care s-au format.

Penrose conchide că „un sistem iniţial răspândit uniform de corpuri care gravitează reprezintă o entropie relativ scăzută, iar pe măsură ce creşte entropia corpurile tind să se aglomereze. La final, avem de-a face cu o creştere uriaşă a entropiei pe măsură ce se formează o gaură neagră care înghite cea mai mare parte a materialului."[4]

Aici, cuvântul „entropie“ folosit de Penrose cu referire la corpurile care gravitează are sens exact opus faţă de entropia corpurilor care nu gravitează. Demonstraţia lui se bazează pe aserţiunea că, pe atunci, „gravitaţia pare să fi fost diferită"[5]. Ne aflăm iarăşi în pericol să cădem în ţara din oglindă a lui Alice, unde un cuvânt „înseamnă exact ce vreau eu să însemne - nici mai mult, nici mai puţin".

Mai mult, dacă există o creştere uriaşă a entropiei pe măsură ce se formează o gaură neagră şi dacă condiţiile materiei la momentul Big

Bangului, deduse mergând înapoi pe firul expansiunii universului, sunt similare cu cele dintr-o gaură neagră, după cum au pretins atât Penrose, cât şi Hawking[6], atunci Big Bangul reprezintă o stare de entropie foarte mare, dacă nu chiar maximă. Această observaţie contrazice direct aserţiunea de mai sus a lui Penrose, conform căreia la Big Bang „entropia era extrem de scăzută". După cum remarcă Ellis:

> Deşi în discuţiile cu privire la a doua lege a termodinamicii se spune adesea că, lăsată în voia ei, materia tinde mereu către o stare de dezordine crescută, istoria universului ne arată exact inversul. Printr-un proces spontan, primele structuri ordonate (stelele şi galaxiile) s-au dezvoltat prin intermediul atracţiei gravitaţionale; apoi a apărut a doua generaţie de stele însoţite de planete, formând habitatul propice pentru apariţia vieţii. [...] Astfel, există de fapt o extraordinară propensiune a materiei de a crea ordine, generând spontan niveluri tot mai înalte de structuri ierarhice şi, implicit, tot mai multă ordine.[7]

Acesta este un proces antientropic, conform definiţiei general acceptate a entropiei.

Această contradicţie dintre conjectură şi dovezile în sprijinul modelului ortodox al Big Bangului nu se potriveşte cu ipotezele în care universul este etern şi infinit în întindere, pentru că o astfel de stare presupune o entropie constantă la scara universului, şi este astfel în acord cu principiul creşterii entropiei („fie rămâne la fel, fie, de regulă, creşte" - vezi definiţia de la pagina 184).

Întrebarea 3: Ce anume determină această creştere în complexitate (respectiv scăderea entropiei) la scara universului?

Davies spune că, de fapt, câmpul gravitaţional cosmic este în cea mai mare măsură responsabil pentru crearea ordinii prin expansiunea cosmică. El conchide că

> acesta prezintă probabil o anumită tendinţă spre dezordine ca rezultat [al ordinii iniţiale], [.] dar în acest caz trebuie să explicăm cum anume a apărut la început ordinea în câmpul gravitaţional. [...] Chestiunea se reduce în cele din urmă la întrebarea dacă a doua lege a termodinamicii se aplică deopotrivă gravitaţiei şi materiei. Nimeni nu înţelege cu adevărat asta. Cercetările recente în domeniul găurilor negre [desfăşurate de Jakob Bekenstein şi Stephen Hawking] sugerează că răspunsul este da.[8]

La întrebarea dacă principiul creşterii entropiei se aplică gravitaţiei, despre care ştiinţa actuală susţine că este o deformare a spaţiului-timp cauzată de masă, singura concluzie rezonabilă este cea la care ajunge Ellis.

> O chestiune nerezolvată încă este natura entropiei gravitaţionale. [...] Nu există până acum nici o definiţie unanim acceptată a entropiei gravitaţionale care să fie general aplicabilă; până când va exista, argumentele cosmologice care se bazează pe conceptul de entropie nu au o bază solidă.[9]

Răspunsul la această întrebare este că pur şi simplu nu ştim ce anume cauzează complexificarea observată şi, prin urmare, scăderea entropiei pe măsură ce universul se extinde.

Întrebarea 4: Care va fi starea finală a universului? Se va sfârşi într-o stare dezordonată?

Problema dovezilor care contrazic actualul model cosmologic ortodox expusă la finalul răspunsului la întrebarea 2 s-ar putea rezolva dacă, indiferent de creşterea complexităţii şi ordinii observate până acum, universul ar sfârşi totuşi în dezordine. Cu alte cuvinte, deşi evoluţia materiei din univers a fost antientropică până acum, până la urmă se va dovedi entropică.

Totuşi, după cum a conchis capitolul 8, indiferent dacă universul rămâne la infinit în actualul stadiu de complexitate dinamică sau este menţinut în acest stadiu prin cicluri perpetue, cum sugerează cosmologia stării cvasistaţionare, sau dacă se va dovedi că a intrat într-un proces entropic care va duce în cele din urmă la o stare de dezordine maximă şi la moartea termică, sau dacă se va contracta din nou până la dezordinea maximă a singularităţii unui Big Crunch rămân, toate, variante posibile.

Până acum aproximativ 85 de ani, pe baza dovezilor existente, ştiinţa ajunsese la concluzia că universul este etern şi neschimbător. În următorii 35 de ani, pe baza noilor dovezi, ştiinţa a fost polarizată în jurul a două perspective: prima, că universul este etern, infinit şi într-o expansiune nesfârşită; cea de-a doua că, dimpotrivă, universul a apărut din nimic sub forma unui punct, care a trecut prin Big Bang şi de atunci s-a extins continuu într-o manieră decelerată. Cu 50 de ani în urmă, dovezi despre care am putea spune că nu erau noi i-au convins pe cosmologii ortodocşi să adopte ideea Big Bangului. Circa 20 de ani mai târziu, cosmologia ortodoxă a decis, plecând de la conflictul care apăruse între dovezile disponibile şi modelul Big Bangului, că universul primordial a trecut printr-o expansiune inflaţionară nedeterminată, dar extrem de scurtă şi de foarte mari proporţii, înainte să treacă la o expansiune decelerată, de proporţii mult mai mici. După încă 15 ani, cosmologii ortodocşi au interpretat dovezile în aşa fel încât au decis că, după două treimi din vârsta sa, universul a trecut din nou, din motive încă de neînţeles, de la expansiunea decelerată la o expansiune accelerată, deşi nici pe departe la rata caracteristică perioadei de inflaţie.

Trebuie să recunosc că doar un cosmolog foarte curajos ar putea prezice cu încredere ce ne va spune cosmologia ortodoxă cu privire la evoluţia materiei pe scară largă în următorii 10 ani, cu atât mai puţin în următorii 100 sau 1000 de ani, oricum neglijabili în raport cu vârsta estimată a universului, de 13,8 miliarde de ani.

Previziunile despre soarta universului sunt în cea mai mare parte speculative, iar cosmologia nu poate, în acest moment, să răspundă la această întrebare. Astfel, actualul model ortodox nu poate să ne spună dacă principiul creşterii entropiei se aplică sau nu universului ca întreg.

Voi include concluziile acestui capitol printre concluziile părţii întâi, pe care le voi expune în capitolul următor.

CAPITOLUL 11
Reflecţii şi concluzii cu privire la apariţia şi evoluţia materiei

> Cosmologii se înşală adeseori, dar nu au niciodată îndoieli.
> Atribuită lui Lev Landau, 1908-1968

REFLECŢII

Când am început cercetarea de faţă trăiam cu impresia că teoria Big Bangului este o teorie ştiinţifică susţinută temeinic de dovezi şi că, astfel, sarcina de a relata ce ştim cum privire la apariţia şi evoluţia materiei neînsufleţite va fi relativ uşoară. Dar, cu cât îmi puneam mai multe întrebări, cu atât devenea mai clar că pornisem de la presupuneri greşite.

N-a fost însă ceva rău. M-am apropiat de subiect cu mintea deschisă, căutând ce ştim sau putem deduce rezonabil plecând de la experimente şi observaţii, spre deosebire de ceea ce nu e decât ipoteză, speculaţie sau credinţă. Dacă dovezile empirice nu susţineau sau chiar contraziceau supoziţiile mele, nici o problemă, aşa funcţionează ştiinţa: înţelegerea ştiinţifică nu este un adevăr bătut în cuie, ci evoluează pe măsură ce apar noi dovezi şi gândirea se dezvoltă.

Totuşi, ceea ce m-a deranjat cu adevărat a fost faptul că unii cosmologi au adoptat o atitudine foarte defensivă atunci când le-am prezentat materialul brut al cărţii şi i-am rugat să corecteze orice eroare, omisiune sau concluzie nejustificată. După ce citise doar jumătate dintr-un capitol, unul a spus că „după părerea mea,

publicului nespecialist nu ar trebui să i se prezinte o astfel de viziune trunchiată cu privire la ce a reuşit şi nu a reuşit ştiinţa.“

Un altul a răspuns: „Nu prea cred că cineva care nu a studiat cosmologia în toate detaliile fizice şi matematice poate să scrie o critică credibilă a cosmologiei moderne.“ Când i-am reamintit că acel capitol expune opinii critice la adresa modelului ortodox actual care au fost formulate de cosmologi dintre cei mai distinşi, a spus că doi dintre ei „nu mai au dram de credibilitate în cosmologie". Unul din cei doi primise cu doi ani în urmă Medalia de Aur a Societăţii Regale Astronomice.

Pg.192

Pentru a-şi justifica afirmaţia că acel capitol pe care-l citise era „complet greşit“, a făcut referire la o secţiune care conchidea că datele venite de la telescopul spaţial WMAP nu au confirmat teoria inflaţiei. A spus că „majoritatea oamenilor cred că aceste date sunt în perfectă concordanţă cu inflaţia". Dacă ar fi verificat sursele pe care le citam în sprijinul concluziei mele, ar fi observat că printre ele se aflau o bucată dintr-o carte şi un articol din revista Nature pe care le scrisese chiar el şi care ajungeau la aceeaşi concluzie. În sfârşit, a spus că nu mai vrea sub nici o formă să sprijine acest atac la adresa cosmologiei.

Cred că, în parte, astfel de atitudini mai degrabă triste, de respingere a criticilor aduse atât din afara, cât şi din interiorul domeniului, se leagă de dificultăţile întâmpinate de cosmologie ca mijloc explicativ pe care le-am prezentat în capitolul 6. O altă motivaţie ar putea fi faptul că disciplina cosmologiei a început cu o teorie matematică - ecuaţiile de câmp ale relativităţii generale a lui Einstein aplicate la întregul univers - şi a fost dezvoltată de teoreticieni al căror principal instrument este matematica. Unii dintre ei amestecă dovezile matematice cu dovezile ştiinţifice, care sunt de fapt distincte, introducând în ecuaţiile lor anumiţi parametri ale căror valori pot fi reglate arbitrar pentru a face teoria să concorde cu observaţiile empirice, ceea ce e în regulă dacă un teoretician vrea să dezvolte un model matematic, dar nu constituie o dovadă în sensul acceptat de comunitatea ştiinţifică. Acest lucru devine şi mai evident atunci când mai multe modele contradictorii pretind că se potrivesc cu aceleaşi date observaţionale.

În absenţa unor teste observaţionale sau experimentale care să valideze sau să ducă la respingerea unei ipoteze dincolo de orice îndoială, cei care o propun rămân cu un set de ecuaţii matematice concordante între ele despre care cred că reprezintă realitatea aşa cum o percepem prin simţuri. Susţinătorii unei astfel de ipoteze tind să se poarte exact ca susţinătorii oricărei alte credinţe: oricine îi contrazice fie nu înţelege despre ce este vorba, fie se înşală, fie nu are nici o credibilitate. (Acest ultim termen este în particular revelator atunci

când este folosit de un om de ştiinţă.) Când susţinătorii credinţei majoritar acceptate ajung să câştige puterea în mediul academic, făcându-şi discipoli şi hotărând care dintre studenţi vor primi posturi de cercetători, care proiecte de cercetare vor fi finanţate şi care articole vor fi publicate, acea perspectivă se instituţionalizează; ca în cazul oricărei instituţii, presiunile pentru a te conforma credinţei ortodoxe pentru a-ţi asigura şi a-ţi menţine cariera sunt enorme. Consecinţa este că alte abordări ale aceloraşi probleme nu sunt cercetate, gândirea inovativă ajunge să fie limitată la ceea ce fizicianul teoretician Lee Smolin numeşte „gândire de turmă" (exemplificate de acel „majoritatea oamenilor cred" pe care l-am pomenit anterior), iar progresul ştiinţific este încetinit.

Pg.193

Dacă va fi urmat tiparul progresului ştiinţific, în cele din urmă va apărea o enigmă de neexplicat şi va avea loc ceea ce se numeşte o schimbare kuhniană de paradigmă[108]. Dar în domeniul cosmologiei, atunci când testarea empirică necesită cheltuieli foarte mari, ca în cazul detectorilor de la nivelul sateliţilor sau acceleratoarelor de particule, cineva din afara mediului universitar, cum a fost Einstein, are puţine oportunităţi.

paradigmă Tiparul dominant al convingerilor şi supoziţiilor care în general nu sunt puse la îndoială într-o disciplină în care se efectuează cercetări ştiinţifice şi în conformitate cu care se interpretează rezultatele.

Între timp, cosmologia ortodoxă a momentului are tendinţa de a se manifesta mai puţin ca o ştiinţă şi mai mult ca o religie în care credincioşii ajung uneori aproape de violenţa fizică atunci când îi resping pe ereticii dinăuntru şi pe necredincioşii din afară. În capitolele 3 şi 5, când am examinat alternativele teoretice la modelul cosmologic ortodox curent, am exemplificat cum sunt trataţi cosmologii care contrazic convingerile îndeobşte creditate, supoziţiile aflate la baza acestora sau interpretările ortodoxe ale datelor brute. Smolin dă multe alte exemple în cartea lui *The Trouble with Physics*. Nu vreau să atac cosmologia, ci mai degrabă să arăt cum funcţionează ea în practică şi să semnalez că astfel de acţiuni sunt contrare etosului ştiinţei. În plus, a pretinde că speculaţiile cosmologice sunt teorii ştiinţifice bine stabilite lasă uşa larg deschisă pentru speculaţii şi credinţe şi mai extravagante care îşi vor găsi adăpost sub mantaua ştiinţei.

De asemenea, nu ţin morţiş să critic anumiţi cosmologi. Unii dintre ei sunt printre cele mai strălucite minţi din ştiinţă şi matematică. Dar inteligenţa prodigioasă nu i-a împiedicat pe un Newton şi pe alţi mari savanţi să aibă un comportament cel puţin îndoielnic faţă de alţi oameni de ştiinţă.

Acestea fiind spuse, vreau să-mi exprim profunda recunoştinţă faţă de acei cosmologi care au avut bunăvoinţa să-mi corecteze erorile, omisiunile şi concluziile nejustificate din forma brută a cărţii. Secţiunea dedicată mulţumirilor arată că se numără cu toţii printre cele mai strălucite minţi din domeniul cosmologiei. Orice neajuns care a rămas este, desigur, responsabilitatea mea şi aş vrea să fie clar că, în ciuda ajutorului pe care mi l-au dat, aceşti specialişti nu sunt neapărat de acord cu toate concluziile mele sau unii cu alţii. A fost însă, fără doar şi poate, o experienţă plăcută şi stimulatoare să particip la toate aceste dezbateri rezonabile de pe urma cărora această carte a avut mult de câştigat.

Încercarea mea de a oferi o evaluare imparţială a ceea ce ştim sau a ceea ce putem deduce în mod rezonabil pe baza observaţiei sau a experimentelor cu privire la apariţia şi evoluţia materiei duce la următoarele concluzii:

Pg.194

CONCLUZII

1. Cosmologia, ramura ştiinţei care studiază originea, natura şi forma universului, propune drept teorie ortodoxă modelul Big Bangului. Totuşi, modelul de bază nu îndeplineşte condiţiile ştiinţifice pentru a fi o teorie solidă, printre altele fiindcă intră în conflict cu dovezile observaţionale. (Capitolul 3)
2. Două modificări majore aduse modelului de bază pentru a rezolva aceste conflicte au dus la construirea modelului inflaţionar prin fluctuaţie cuantică al Big Bangului, dar ipoteza centrală pe care se bazează aceste modificări nu este testabilă prin mijloacele cunoscute (capitolul 3). Mai mult, aceste modificări produc un model lipsit de concordanţă logică, dacă se pretinde că Big Bangul este începutul tuturor lucrurilor, sau un model care contrazice ipoteza centrală a existenţei unui Big Bang, dacă se presupune că au existat un vid cuantic sau un câmp inflaţionar înainte de eventualul Big Bang fierbinte. (Capitolele 4 şi 7)
3. Mai mult, acest model modificat nu reuşeşte să explice dacă Big Bangul a fost sau nu o singularitate şi, dacă da, cum a fost posibilă această singularitate, adică un punct cu un volum infinit de mic şi cu o densitate infinită. De asemenea, nu poate să explice convingător, cu atât mai puţin să prezică, proporţia de materie şi radiaţie observată în univers, natura „materiei întunecate“ (despre care se crede că reprezintă 27% din univers), precum şi misterioasa „energie întunecată" antigravitaţională (despre care se crede că reprezintă 68% din univers şi că este responsabilă pentru trecerea universului, după două treimi din

timpul vieţii sale, de la expansiunea decelerată la expansiunea accelerată), ambele fiind adăugiri aduse modelului standard pentru a-l face concordant cu interpretarea ortodoxă a datelor observaţionale.

4. De asemenea, acest model modificat şi mai mult nu reuşeşte să explice de ce universul a luat forma pe care a luat-o, când erau posibile şi altele (capitolul 7) şi, mai important, de unde provine totul. (Capitolele 4 şi 7)

5. Actuala interpretare ortodoxă a dovezilor observaţionale susţine că universul se extinde, dar ca să aflăm dacă această expansiune poate fi analizată în sens invers până la un punct de origine sau dacă este doar o fază a unui univers ciclic, etern, trebuie să extrapolăm fizica cunoscută dincolo de limitele ei şi să adoptăm nişte supoziţii îndoielnice care stau la baza interpretării datelor brute. (Capitolele 3, 5 şi 6)

6. Alte ipoteze care au fost avansate pentru a modifica sau a completa modelul ortodox sunt fie netestate, fie netestabile cu mijloacele cunoscute (capitolul 5). Cei care încearcă să explice cum a apărut universul sugerând existenţa unui univers anterior care a intrat în colaps sau a unui multivers nu rezolvă problema originii, pentru că nu explică de unde provine acel univers sau multivers. (Capitolele 3 şi 5)

7. Un univers etern în care energia şi materia sunt reciclate continuu ar fi o explicaţie mai rezonabilă decât creaţia din nimic şi alte conjecturi asemănătoare. Diferitele modele ciclice susţin existenţa în viitor al unor cicluri tot mai lungi sau a unor universuri tot mai masive, dar, chiar prin logica lor, dând ceasul înapoi către începuturile universurilor, ajungem la un unic punct de origine al tuturor ciclurilor, prin urmare nu sunt eterne. Modelul cosmologiei stării cvasistaţionare evită această problemă, dar susţine crearea continuă de materie şi energie printr-o serie de mini big-banguri non-singulare; presupusa sursă de energie pentru aceste mini big-banguri nu este cu nimic mai rezonabilă decât aceea despre care se presupune că a dus la apariţia universului din nimic printr-un singur Big Bang. Modelul universului static evolutiv propus de cosmologia plasmei propune un univers etern care nu necesită crearea de materie-energie din nimic, dar nici nu reuşeşte până acum să explice ce anume a făcut să apară plasma haotică primordială din care va evolua universul etern, ce anume a făcut să existe forţele fizice cunoscute şi să interacţioneze în aşa fel încât să ducă la stări ale materiei tot mai complexe şi mai ordonate. (Capitolele 5 şi 7)

8. Cosmologia este diferită de alte ramuri ale ştiinţei prin

aceea că există un singur univers, că este incredibil de mare şi că noi suntem parte din el. Aceste diferenţe nasc probleme practice legate de limitele detecţiei şi dificultăţi legate de măsurare, probleme legate de interpretarea datelor şi de validitatea supoziţiilor de bază; tot ele fac ca teoria relativităţii, mecanica cuantică şi fizica particulelor să nu fie adecvate atunci când sunt aplicate întregului univers. În consecinţă, nu ştim cu siguranţă lucruri precum vârsta universului sau presupusa rată de expansiune. (Capitolul 6)

9. În ciuda acestor dificultăţi formidabile, cosmologii fac adeseori afirmaţii care au o justificare ştiinţifică redusă. Limbajul lor aduce deseori cu cel al unei credinţe religioase mai degrabă decât cu un discurs ştiinţific, iar felul în care cosmologia instituţională îi tratează uneori pe oamenii de ştiinţă reputaţi care au interpretări diferite ale datelor sau avansează conjecturi alternative seamănă foarte bine cu felul în care Biserica îi respinge pe eretici. (Capitolele 3, 5 şi 6)

10. Pe măsură ce tehnicile de detecţie se dezvoltă şi apar noi interpretări şi noi teorii ca răspuns la noi date şi noi moduri de gândire, limitările practice, interpretative şi teoretice vor fi tot mai mult depăşite, iar cosmologia ne va oferi o mai bună înţelegere a originii materiei şi energiei din care suntem formaţi. Totuşi, până când cosmologii nu vor da o nouă definiţie a ştiinţei şi a metodei ştiinţifice care să fie acceptabilă atât pentru comunitatea ştiinţifică, cât şi pentru cea intelectuală mai largă, multe „teorii“ cosmologice trebuie considerate conjecturi netestabile, aşadar mai degrabă filozofice decât ştiinţifice. (Capitolul 6)

11. O problemă teoretică aparte este conceptul de infinit, atât în sens spaţial, cât şi în sens temporal. Dacă acest concept matematic corespunde realităţii lumii fizice aşa cum este percepută de simţurile unor fiinţe finite cum suntem noi este o întrebare metafizică. Dacă anumite teorii care încorporează infiniţi nu pot fi testate prin observaţii sistematice sau experimente, atunci asta le plasează în afara domeniului ştiinţei aşa cum este el înţeles astăzi. (Capitolele 6 şi 7)

12. Deşi ştiinţa se preocupă cu înţelegerea universului material, alte forme de existenţă care nu sunt materiale - de exemplu, legile fizicii - fie descriu, fie reglementează felul în care universul material ajunge să existe sau să funcţioneze. Aceste legi se exprimă prin relaţii matematice. În consecinţă, unii fizicieni teoreticieni trag concluzia că formele matematice există ca o realitate obiectivă în afara spaţiului şi timpului şi reglementează formarea şi funcţiile universului material. Un astfel de raţionament

se află dincolo de graniţele ştiinţei. Nu se deosebeşte practic cu nimic de vechea viziune upanişadică a lui Brahman sau de conceptul chinez de Dao ca realitate ultimă care există dincolo de spaţiu şi timp, din care apare totul şi conform căreia funcţionează lumea naturală. (Capitolele 6 şi 7)

13. Dacă admitem problemele unice ale cosmologiei şi supunem diversele ei speculaţii mai degrabă examenului raţiunii decât testului empiric mai strict al ştiinţei, nici una nu este cu adevărat convingătoare, unele sunt marcate de neconcordanţe interne, iar altele nu sunt cu mult mai convingătoare decât unele credinţe pe care ştiinţa le califică drept superstiţii. (Capitolul 7)

14. Nici ştiinţa, nici raţiunea nu oferă o explicaţie convingătoare a originii universului şi, astfel, nici a originii materiei şi energiei din care suntem formaţi. Cel mai probabil, o astfel de sarcină este peste puterile noastre. Totuşi, ştiinţa continuă să ne ofere explicaţii provizorii - care vor fi înlocuite, probabil, în timp - pentru funcţionarea universului atât la scară mică, cât şi la scară mare. (Capitolul 7)

15. Dacă universul primordial a fost format dintr-o plasmă extrem de densă, fierbinte şi dezordonată de particule fundamentale formându-se spontan din energie de radiaţie şi anihilându-se spontan în aceeaşi formă de energie, atunci probabil că a evoluat la scară mare pentru a forma structuri dinamice complexe, ierarhice, de la sisteme stelare cu planete care orbitează până la galaxii şi grupuri de galaxii, roiuri şi superroiuri în formă de coală despărţite de mari bule de vid cosmic. (Capitolul 8)

16. Dovezile observaţionale demne de încredere arată că, în acelaşi timp, materia a evoluat şi la scară mică, într-un tipar tot mai complex, de la simple nuclee de atomi de hidrogen la molecule organice (bazate pe carbon) cu până la 13 atomi, descoperite în spaţiul interstelar, şi aminoacizi simpli având cam tot atâţia atomi în compoziţie, descoperiţi în asteroizii din sistemul nostru solar. (Capitolul 9)

17. Ştiinţa a dedus anumite legi fizice şi chimice certe care fie descriu, fie determină diversele tipuri de interacţiune ale materiei din univers. Dacă nu ar fi funcţionat în acord cu astfel de legi, materia nu ar fi evoluat niciodată până la apariţia oamenilor. (Capitolele 6, 7, 8, 9 şi 10)

18. Pe lângă aceste legi fizice şi chimice, este nevoie ca valorile a şase parametri cosmologici să fie reglate fin pentru a produce un univers care să permită evoluţia materiei până la nivelul de complexitate al atomilor şi moleculelor din care suntem formaţi. Mai mult, valorile a două constante non-dimensionale

trebuie să fie reglate fin pentru a permite apariţia oricăror atomi sau molecule. Valorile a trei parametri în nucleosinteza stelară trebuie să fie reglate fin, încât să permită sinteza unei cantităţi suficiente de carbon necesar pentru evoluţia moleculelor organice esenţiale pentru existenţa oamenilor şi a tuturor formelor de viaţă cunoscute. (Capitolele 7 şi 9)

19. Nici o teorie nu explică de ce există aceste legi şi de ce aceşti parametri au exact valorile pe care le au. Mai multe tipuri de conjecturi ale multiversului susţin ideea că, într-un cosmos care conţine un număr incredibil de mare sau chiar infinit de universuri, devine extrem de probabil să existe un univers care să aibă exact aceleaşi trăsături ca al nostru; pur şi simplu se întâmplă să trăim într-un astfel de univers (universul antropic). Asemenea conjecturi nu pot fi confirmate sau infirmate prin observaţie sau experiment şi se află, astfel, în afara tărâmului ştiinţei. Mai mult, toate tipurile de teorii ale multiversului au la bază o logică discutabilă. (Capitolul 7)

20. Complexificarea iniţială la scară mică, ce a produs cele 95 de elemente de origine naturală, a avut drept cauză anumite transformări ale energiei care au început în interiorul stelelor, mai ales între energia gravitaţională potenţială şi masa de repaus, energia cinetică, termică şi luminoasă. Transformările ulterioare ale acestor energii, constrânse de condiţiile teoriei cuantice, au produs atomi şi mai complecşi, iar aceştia au format molecule. Ipotezele bazate pe sistemele auto-organizatoare explică, pe baza anumitor dovezi empirice, cum poate un sistem deschis de molecule să crească în complexitate datorită unui flux de energie şi materie care produce un nou sistem aflat departe de echilibru. (Capitolele 9 şi 10)

21. Cosmologia ortodoxă nu reuşeşte până în acest moment să ofere o explicaţie satisfăcătoare pentru cauza complexificării la scara universului. Explicaţia cu privire la modul în care au apărut primele neomogenităţi ale materiei - prin presupusul fenomen de expansiune inflaţionară a fluctuaţiilor cuantice la Big Bang sau într-un presupus vid iniţial - este atât de flexibilă, încât devine netestabilă. Presupusa validare prin observarea fluctuaţiilor din radiaţia cosmică de fond a întâmpinat rezerve serioase din partea multor cosmologi reputaţi. Explicaţia prezumtivă a felului în care astfel de neomogenităţi au dus la formarea de câmpuri gravitaţionale suficient de puternice în interiorul norilor primordiali de atomi şi molecule pentru a permite producerea de sisteme solare şi galaxii rotitoare, grupuri locale şi roiuri de galaxii, apoi superroiuri în formă de coală despărţite de bule de

vid este modelul *bottom up* al materiei-întunecate-reci-necunoscute-şi-al-energiei-întunecate-necunoscute. Observaţiile cu privire la gigantele roşii, faptul că au fost descoperite fier şi alte metale în galaxii care sunt prea tinere, plus observarea unor structuri mult mai mari decât prezicea modelul ridică serioase semne de întrebare asupra acestuia. Mai mult, cosmologii nu se pun de acord în privinţa felului în care a apărut prima generaţie de stele şi nu ştiu nici care au fost primele structuri din univers: au fost propuse pe rând roiurile globulare, găurile negre supermasive sau stelele cu masă mică. (Capitolele 8 şi 10)

22. Tiparul creşterii în complexitate contrazice principiul ştiinţific al creşterii entropiei (dezordinii). Actuala cosmologie ortodoxă explică că aceste creşteri în complexitate (descreştere în entropie) apare în sistemele locale, deschise şi sunt compensate de creşteri în entropie mult mai mari în alte părţi ale universului. Dar, din moment ce universul este un sistem închis, izolat, ipoteza de mai sus nu poate explica creşterea în complexitate (scăderea entropiei) în cadrul universului ca întreg. Modelul cosmologic al stării cvasistaţionare, care propune un univers infinit, trecând prin faze ciclice continue, nu se confruntă cu o astfel de problemă, pentru că entropia este aceeaşi la începutul şi la sfârşitul ciclului; precum cosmologia ortodoxă, el are o problemă cu principiul conservării energiei, pentru că minibang-urile pe care le stipulează implică crearea materiei-energie din nimic. Cosmologia plasmei propune un univers etern, dar unul care începe cu o plasmă dezordonată sau cu o altă stare primordială nedeterminată care evoluează pentru a produce stări mai complexe ale materiei precum galaxiile, roiurile de galaxii şi superroiurile, pe baza unor filamente în formă de vortex constrânse magnetic. La fel ca model ortodox, acest model propune un proces antientropic care intră în contradicţie cu principiul creşterii entropiei. Mai mult, este greu de înţeles cum anume un univers care are un început poate fi etern. (Capitolele 5 şi 10)

Pg.199

23. Problema ar putea fi rezolvată pentru modelul ortodox actual dacă:

a. complexificarea încetează, procesul se inversează, iar universul se contractă pentru a ajunge iarăşi la entropia maximă printr-un Big Crunch sau dacă universul se extinde până la punctul de maximă dezordine şi ajunge la echilibrul termodinamic al morţii termice, dar predicţiile despre soarta universului sunt doar speculaţii care s-au modificat radical de mai multe ori în ultimii o sută de ani; *sau*

b. universul este un sistem deschis care este ţinut departe de

echilibru de un flux continuu de energie, dar asta ne dă de înţeles că universul nu conţine tot ceea ce există şi nu explică de unde provine fluxul de energie; *sau*

c. o formă sau mai multe forme de energie care nu au fost încă identificate de cosmologie sunt implicate în transformările energetice şi în schimbările de complexitate asociate.

PARTEA A DOUA
Apariţia şi evoluţia vieţii

CAPITOLUL 12
O planetă potrivită pentru viaţă

În secolul nostru, biosfera a căpătat un cu totul alt sens; acum este privită ca un fenomen planetar cu un caracter cosmic.
Vladimir Vernadski, 1945

Întrebarea mai largă cu privire la posibila apariţie a unor forme de viaţă exotice în univers depăşeşte orizontul călătoriei noastre, care se concentrează asupra teoriilor ştiinţifice statornicite şi asupra dovezilor ce susţin evoluţia umană. De aceea, partea a doua discută apariţia şi evoluţia vieţii pe pământ.

Prima parte a arătat că cele mai complexe forme de materie despre care ştim în acest moment că au evoluat la scară mică în spaţiul interstelar şi pe asteroizii din sistemul nostru solar sunt alcătuite din molecule organice care cuprind până la 13 atomi. Prin contrast, Pământul găzduieşte cele mai complexe lucruri cunoscute până acum în univers: fiinţele umane. Însă oamenii şi alte forme de viaţă trăiesc doar într-o zonă minusculă a Pământului, deasupra şi puţin sub suprafaţa acestuia. Este vorba despre biosferă sau, mai bine zis, despre **„biostrat“**.

Voi începe partea doua încercând să arăt care sunt condiţiile pentru apariţia şi evoluţia vieţii şi apoi voi examina teoriile ştiinţifice care explică cum au putut apărea pe Pământ condiţiile dezvoltării biosferei acestuia.

CONDIŢII NECESARE PENTRU FORMELE DE VIAŢA CUNOSCUTE

Există şase condiţii pe care oamenii de ştiinţă le consideră necesare pentru apariţia şi evoluţia formelor de viaţă cunoscute: elementele esenţiale şi moleculele, masa planetei, intervalul de temperatură a biosferei, sursele de energie, protecţia împotriva radiaţiilor nocive şi a impacturilor şi stabilitatea.

Elementele esenţiale şi moleculele

Toate formele de viaţă cunoscute sunt formate dintr-o mare varietate de molecule complexe. Singurul element capabil să formeze

molecule de o asemenea complexitate este carbonul[109], motiv pentru care viaţa are nevoie de elementul carbon cel puţin în momentul apariţiei sale.

Pg.203

Toţi biologii consideră că apa în formă lichidă este esenţială pentru viaţă. Iar asta se datorează mărimii, formei şi distribuţiei specifice a sarcinii electrice într-o moleculă de apă, după cum se vede în figura 12.1.

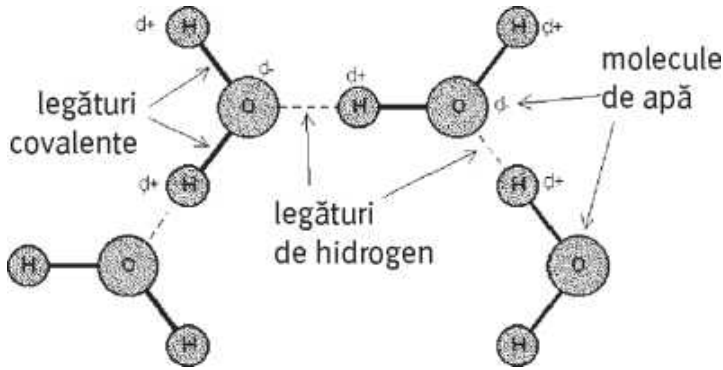


Figura 12.1 Legături de hidrogen în moleculele de apă lichidă. Unde d+ şi d- reprezintă sarcini electrice dipolare.

O moleculă de apă este neutră din punct de vedere electric, dar, în interiorul ei, sarcinile sunt distribuite asimetric. Atomul de oxigen atrage o parte mai mare din sarcina electrică şi este, astfel, electronegativ; cei doi atomi de hidrogen sunt, prin urmare, electropozitivi. Aceste sarcini dipolare le permit atomilor electropozitivi de hidrogen să formeze legături Van der Waals[110] neobişnuit de puternice cu atomii electronegativi ai altor molecule; acestea sunt cunoscute şi sub numele de legături de hidrogen. Figura 12.1 arată cum se formează astfel de legături de hidrogen cu alte molecule de apă. Puterea lor arată cum apa poate rămâne în stare lichidă la temperaturi mult mai mari decât reuşesc alte molecule mici, precum metanul, dioxidul de carbon sau amoniacul, care se disociază în molecule distincte sub formă de gaz când ating temperaturi potrivite. Apa există în stare lichidă în condiţii atmosferice normale într-un interval larg de temperaturi, de la 0 la 100° C (de la 273 la 373 grade Kelvin), care reprezintă intervalul ideal pentru a genera reacţiile biochimice necesare reproducerii şi menţinerii formelor de viaţă.

Capacitatea acestor mici molecule de a forma legături de hidrogen face de asemenea din apa lichidă un solvent puternic atât pentru compuşii ionici, precum sărurile, cât şi pentru molecule organice care au la rândul lor sarcina electrică distribuită asimetric, precum aminoacizii, atât de importanţi pentru formele de viaţă cunoscute, încât sunt consideraţi elementele fundamentale ale vieţii.

Legăturile de hidrogen se pot dovedi mai puternice decât cele covalente, unind atomul de oxigen cu doi atomi de hidrogen. În urma acestui proces, cei doi atomi de hidrogen sunt separaţi şi rezultă un ion de hidroniu pozitiv, H_3O+, şi un ion de hidroxil negativ, OH^-.

$$H_2O + H_2O \rightarrow H_3O^+ + OH^-$$

Aceşti ioni transformă apa lichidă într-un foarte bun conductor de electricitate.

Faptul că apa este un bun solvent şi un bun conductor face din ea mediul ideal pentru producerea anumitor bioprocese esenţiale, precum dizolvarea şi transportul elementelor nutritive prin membranele semiporoase din interiorul organismelor vii şi dizolvarea şi transportul deşeurilor.

Ingredientele esenţiale pentru conservarea vieţii pornesc de la elemente uşoare, cum sunt hidrogenul, oxigenul şi carbonul, şi ajung până la elemente grele. De exemplu, molibdenul ajută la fixarea nitrogenului, reacţie în care moleculele în general nereactive de nitrogen sunt transformate în compuşi mai reactivi, o etapă-cheie în metabolismul plantelor, ce constă într-o serie de reacţii biochimice prin intermediul cărora planta obţine energia şi elementele nutritive de care are nevoie pentru a supravieţui. Pentru că animalele mănâncă plante, iar oamenii mănâncă atât plante, cât şi animale, fixarea nitrogenului este un pas-cheie atât în metabolismul plantelor, cât şi în cel al oamenilor.

Elemente radioactive mult mai grele, precum uraniul sau torul, generează căldură prin dezintegrarea lor radioactivă. După cum vom vedea mai târziu, cei mai mulţi geofizicieni sunt de părere că energia termică eliberată de aceste elemente este responsabilă cu mişcarea plăcilor tectonice şi astfel cu deplasarea continentelor, care joacă un rol crucial în evoluţia vieţii.

Masa planetei

Cuantificarea acestui factor e dificilă, pentru că depinde de mulţi alţi parametri, precum distanţa faţă de Soare, luminozitatea acestuia, mărimea şi densitatea planetei.

În general, dacă masa unei planete este prea mică, câmpul ei gravitaţional nu va fi suficient de puternic pentru a reţine gazele din atmosferă sau substanţele volatile, precum apa de la suprafaţă. O planetă cu masa mică s-ar fi răcit relativ repede după formare şi ar fi fost lipsită de activitatea tectonică necesară evoluţiei vieţii. Majoritatea specialiştilor consideră că, pentru a permite apariţia vieţii, masa unei planete ar trebui să nu fie mai mică decât o treime din masa Pământului.[1]

Nu există însă un consens în ceea ce priveşte limita superioară. Perspectiva convenţională este aceea că o planetă cu o masă de zece ori mai mare decât cea terestră ar atrage o cantitate semnificativă de gaz din discul său nebular, ceea ce ar duce la transformarea ei într-un gigant gazos impropriu pentru formele de viaţă cunoscute.[2] Pe de altă parte, echipa însărcinată cu definirea obiectivelor ştiinţifice şi tehnologice ale programului Terrestrial Planet Finder al NASA susţine că o masă mare nu influenţează în mod necesar capacitatea unei planete de a găzdui viaţa.[3]

Intervalul temperaturilor

Temperatura nu trebuie să fie atât de ridicată încât să se rupă legăturile moleculare organice complexe, dar nici atât de scăzută încât reacţiile biochimice esenţiale să se producă prea lent pentru a genera molecule complexe şi reacţii metabolice esenţiale. Biofizicianul Harold Morowitz estimează un interval de temperatură de aproximativ 500° C.[4] Totuşi, din moment ce biologii consideră că apa lichidă e esenţială pentru viaţă, intervalul se reduce considerabil. La anumite presiuni şi în funcţie de alte circumstanţe, apa în stare lichidă poate exista undeva între 0° C şi 100° C la presiunea atmosferică normală a Pământului.

Surse de energie

Pentru a produce temperaturile esenţiale vieţii, o planetă trebuie să aibă surse de energie. Principala sursă de la suprafaţa planetei este energia electromagnetică emisă de steaua ei. Înainte, estimarea temperaturii suprafeţei unei planete se calcula înmulţind luminozitatea stelei (energia radiată pe secundă) cu distanţa planetei faţă de steaua sa. Intervalul de distanţe care produc o temperatură de suprafaţă între 0° C şi 100° C a fost numit **z**onă **l**ocuibilă **c**ircumstelară (ZLC).

Însă era un calcul mult prea simplist. În primul rând, o parte (numită albedo) din radiaţia totală care ajunge la planetă este reflectată înapoi de nori sau de gheaţă. În al doilea rând, cantitatea de energie care ajunge la suprafaţă depinde de intervalul de timp în care suprafaţa respectivă este îndreptată către stea, lucru care depinde la rândul său de durata perioadei de rotaţie în jurul propriei axe; o parte din această energie solară, ce se situează la lungimi de undă vizibile şi încălzeşte suprafaţa planetei, este trimisă înapoi în întunericul nopţii stelare, la lungimi de undă termice superioare, când planeta nu mai are acea faţă îndreptată către stea. În al treilea rând, cantitatea de energie care este trimisă înapoi depinde de gazele ce alcătuiesc atmosfera planetei. Astfel, gaze precum dioxidul de carbon, vaporii de apă şi metanul absorb această energie termică şi radiază înapoi o

parte din ea, generând efectul de seră.

În plus, pot exista şi alte surse de energie, precum căldura ce provine din interiorul planetei, care poate fi generată de dezintegrarea radioactivă sau reprezintă căldură reziduală produsă de procesele de formare a planetei. Efectul acestei forme de căldură geotermală asupra suprafeţei planetei este scăzut, dar generează activitate vulcanică, care creşte la rândul ei nivelul carbonului în atmosferă, contribuind mai departe la efectul de seră.

Protecţia faţă de radiaţiile nocive şi impacturi

Nu toate radiaţiile care provin de la o stea contribuie la generarea unor reacţii biochimice esenţiale. La anumite niveluri de intensitate, frecvenţa unor tipuri de radiaţii, precum cea ultravioletă, poate afecta în mod ireparabil organismele, în timp ce exploziile solare - izbucniri intense de radiaţie electromagnetică şi electroni, protoni şi alţi ioni de energie înaltă - pot disipa atmosfera planetei. Pentru a putea exista forme de viaţă, biosfera planetei trebuie să fie protejată de astfel de radiaţii nocive.

Pe de altă parte, biosfera are nevoie de protecţie faţă de impactul cometelor şi asteroizilor suficient de mari pentru a distruge formele de viaţă complexe.

Stabilitatea

Aceste condiţii trebuie să rămână stabile suficient de mult timp încât să permită organismelor simple să apară din moleculele esenţiale şi să evolueze până la stadiul de fiinţe complexe, de genul celor umane.

FORMAREA PĂMÂNTULUI ŞI A BIOSFEREI

Am să încep prin a trece în revistă ce ne spune ştiinţa despre Pământ şi despre biosfera sa, iar apoi voi examina teoriile care descriu felul în care s-au format acestea.

Caracteristicile Pământului

Pământul este aproximativ sferic, cu o uşoară protuberanţă în zona ecuatorului, şi are un diametru mediu de 12.700 km. Are o masă de 6 x 10^{24} kilograme şi un puternic câmp magnetic. Se învârte în jurul stelei sale, Soarele, într-un plan uşor eliptic cu o durată de 365 de zile şi un sfert, la o distanţă medie de 149 de milioane de kilometri. Se roteşte la fiecare 24 de ore în jurul propriei axe, care este înclinată la 23,5 grade în raport cu perpendiculara faţă de planul eliptic al orbitei,

după cum se vede în figura 12.2.

La o distanţă medie de 384.400 de kilometri faţă de Pământ îşi descrie propria orbită singurul său satelit natural, Luna. Cu un diametru de aproximativ un sfert din cel al Pământului (şi de aproximativ trei sferturi din cel al planetei Mercur), Luna este neobişnuit de mare în raport cu dimensiunea planetei sale.

Pg.207

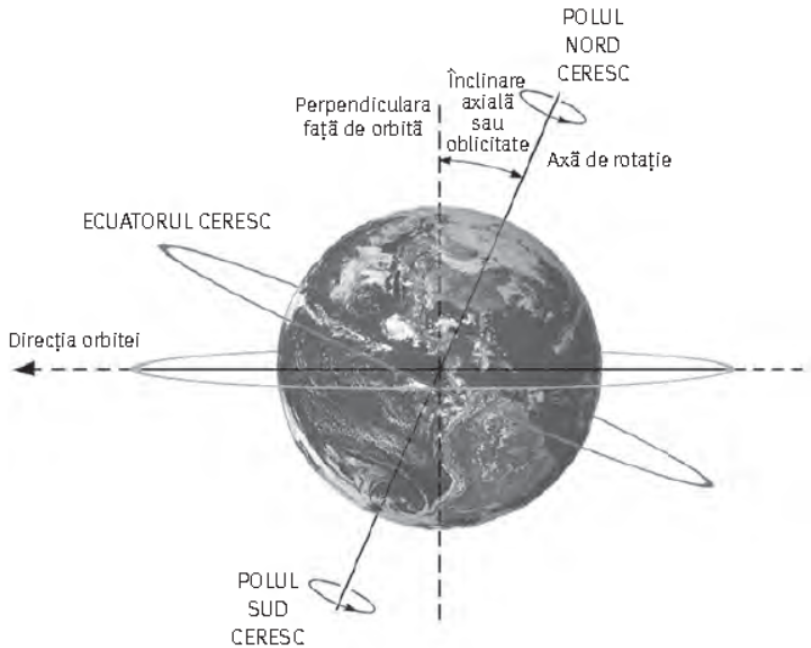


Figura 12.2 Pământul, cu axa sa de rotaţie înclinată cu 23,5° în raport cu perpendiculara faţă de planul orbital.

Structura internă

Imposibilitatea de a avea acces direct în interiorul Pământului, combinată cu diferite interpretări ale datelor, precum tiparul undelor produse de cutremure, nu permite unor ramuri ale geologiei să aibă rezultate concludente. Figura 12.3 arată structura internă a Pământului potrivit consensului ştiinţific din acest moment.

Hidrosfera

Aproximativ două treimi din suprafaţa Pământului sunt acoperite cu apă sub formă de oceane, mări şi râuri. Adâncimea acestei hidrosfere variază de la 0 la 5 kilometri.

Atmosfera

Stratul gazos al Pământului se întinde până la 10.000 de kilometri deasupra suprafeţelor solide şi lichide, însă primii 65-80 de kilometri conţin 99% din masa atmosferei terestre. În funcţie de densitate, atmosfera cuprinde aproximativ 78% nitrogen, 20% oxigen, 1% argon, restul de 1% fiind alcătuit dintr-un amestec de alte gaze, inclusiv vapori de apă, a căror concentraţie creşte odată cu temperatura, precum şi din 0,003 dioxid de carbon; iar stratul situat la aproximativ 19-50 de kilometri deasupra suprafeţei conţine ozon, o formă de oxigen alcătuit din molecule cu trei atomi în loc de doi.

Pg.208

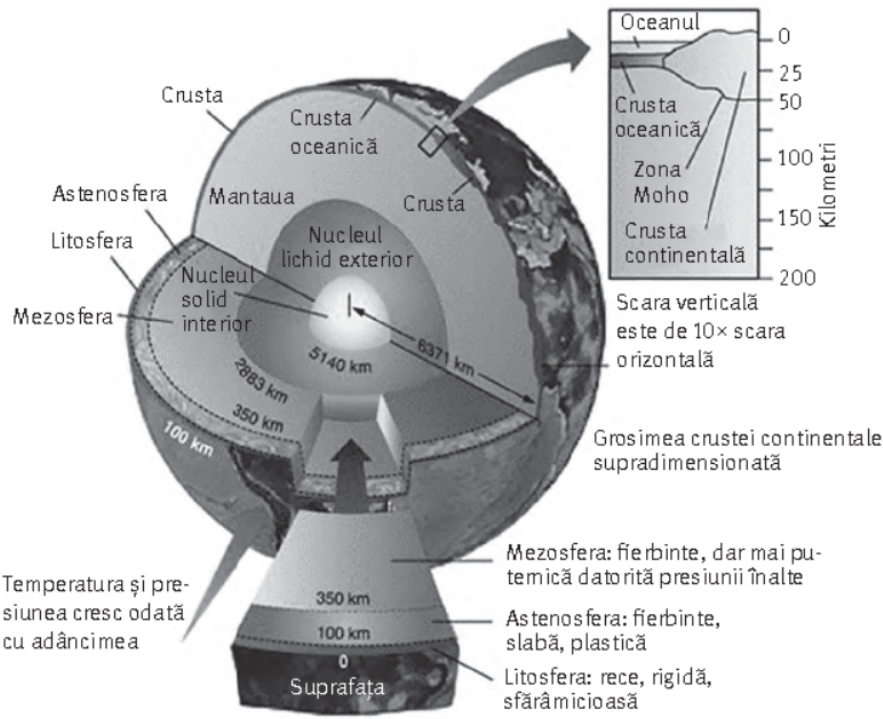


Figura 123 Diagrama structurii Pământului.

Magnetosfera

În principiu, câmpurile magnetice se întind la nesfârşit. În practică, câmpul magnetic al Pământului produce efecte până la zeci de mii de kilometri de la suprafaţă, iar spaţiul în care se manifestă formează magnetosfera. După cum se vede în figura 12.4, vântul solar afectează forma sferică tipică a magnetosferei.

Biosfera

Biosfera conţine toate condiţiile de mediu capabile să susţină viaţa

aşa cum o cunoaştem. Este vorba despre o coajă subţire ce se întinde până la 5 kilometri sub şi 5 kilometri deasupra nivelului mării, acoperă o parte din litosferă (învelişul exterior al Pământului), cea mai mare parte a hidrosferei şi parte din atmosferă.

Pg.209

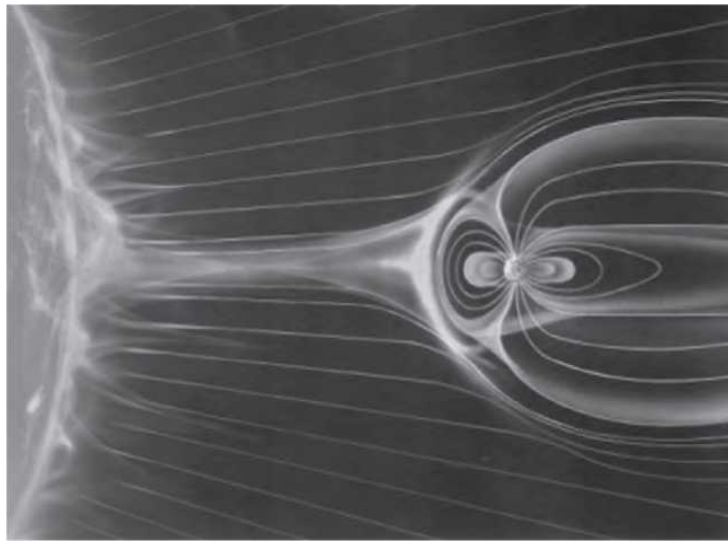


Figura 12.4 Forma magnetosferei Pământului distorsionată de vânturile solare.

Formarea

Dovezile

Sunt greu de găsit dovezi care să explice apariţia Pământului şi a sferelor sale exterioare. La suprafaţă nu mai există rămăşiţe ce au contribuit la formarea planetei: rocile au suferit eroziuni în urma intemperiilor, au fost transformate de căldură şi presiune (ceea ce a dus la anumite modificări structurale şi chimice) ori s-au topit din cauza temperaturilor ridicate în timp ce erau împinse în interior prin intermediul unui proces numit subducţie; datarea rocilor de la suprafaţă este încă controversată, dar se crede că cele mai vechi au în jur de 3,8 miliarde de ani, cu 700 de milioane de ani mai tinere decât formarea Pământului. Hidrosfera a suferit nenumărate cicluri ce includ evaporarea sub formă de vapori de apă urmată de ploaie, grindină sau ninsoare. Atmosfera a fost complet transformată de procese biochimice pe care le voi discuta mai târziu.

Oamenii de ştiinţă au folosit inferenţe pentru a formula ipoteze cu privire la formarea Pământului, pornind în principal de la procesele de formare stelară observate în alte parţi ale universului, de la examinarea meteoriţilor despre care se crede că sunt similari

planetezimalelor ce s-au agregat pentru a da naştere Pământului şi de la datarea rocilor şi a altor compuşi situaţi la suprafaţa planetei noastre, precum şi a magmei expulzate din interior. Aceştia s-au mai folosit de analiza fizico-chimică şi de datarea rocilor de pe Lună şi de pe Marte, precum şi de alte date obţinute cu ajutorul sondelor spaţiale de pe majoritatea planetelor din sistemul nostru solar.

Pg.210

Datarea precisă este foarte importantă pentru determinarea proceselor evolutive. Datarea comparativă, bazată pe observarea stelelor aflate în diferite etape ale procesului de evoluţie, precum şi pe studii ale fuziunii nucleare, este folosită pentru a explica modificările mărimii şi luminozităţii Soarelui odată cu trecerea timpului.

Datarea radiometrică (sau radioizotopică) ne pune la dispoziţie o metodă puternică şi de mare precizie de datare a mostrelor numai dacă pot fi determinaţi anumiţi parametri. De exemplu, oamenii de ştiinţă au stabilit că timpul de înjumătăţire al izotopului carbon-14 este de 5.730 de ani. Asta înseamnă că în 5.730 de ani o jumătate din orice cantitate de carbon-14 va suferi o dezintegrare radioactivă ce o va transforma în izotopul stabil nitrogen-14. Oamenii de ştiinţă au stabilit de asemenea care este proporţia normală dintre carbon-14 şi carbon-12, un izotop stabil şi mai des întâlnit prezent în compuşii de carbon de origine naturală. Determinarea proporţiei corecte dintr-o mostră de rocă ne arată cât carbon-14 s-a pierdut prin dezintegrare; un simplu calcul va determina cât a durat acest proces şi, astfel, cât de veche este mostra. Tehnici similare sunt folosite pentru elementele radioactive, precum uraniu-238, cu o perioadă de înjumătăţire de 4,6 miliarde de ani, şi tor-232, care trece prin acelaşi proces în 14 miliarde de ani.

Ipotezele ce rezultă din aceste date obţinute prin observaţie şi experiment, la care se adaugă modelele computerizate, explică formarea Pământului şi a sferelor sale după cum urmează.

Planeta

Ipoteza generală a formării nebulare, rezumată în capitolul 8111, ne oferă o descriere a naşterii planetei. În cazul de faţă, în urmă cu aproape 4,6 miliarde de ani cea mai mare parte a unui disc în rotaţie cu un diametru de aproximativ 24 de miliarde de kilometri s-a contractat în spirală până când a devenit o minge masivă de hidrogen, temperatura şi densitatea acesteia crescând până în punctul în care nucleul său a fost cuprins de fuziune nucleară şi a dat naştere Soarelui.

Formarea discului nu a fost perfectă. În acele condiţii turbulente, anumite porţiuni de materie, în principal gheaţă şi praf, au început să se mişte pe orbite excentrice în jurul Soarelui, într-un anumit unghi

faţă de disc; aceste bucăţi de materie sunt cunoscute sub numele de comete.

Pg.211

Din materialul rămas în discul rotitor, vântul solar - ioni şi electroni proveniţi de la Soarele arzător - a împins hidrogenul şi heliul către regiunile exterioare, mai reci, ale discului, unde vor deveni nebuloase planetare - insuficient de dense sau de fierbinţi pentru a începe fuziunea nucleară - care vor ajunge să formeze cele patru planete gigantice gazoase exterioare.

Moleculele mai grele, formate din hidrogen şi alte elemente - precum metanul (CH_4), vaporii de apă (H_2O) sau hidrogenul sulfurat (H_2S) -, au rămas în regiunile interioare ale discului, unde anumite fărâme de praf, în special silicaţi, s-au ciocnit în mod repetat, uneori respingându-se, alteori aderând unele la altele. Atunci când au aderat au format fragmente ceva mai masive, cu un câmp gravitaţional mai puternic, care a atras frânturi mai mici de materie şi gaze uşoare. Au apărut apoi fragmente de mărimea unor pietricele care s-au transformat treptat în planetezimale[112] cu un diametru de câţiva kilometri. Ciocnirile haotice dintre planetezimale au făcut ca unele să se rupă în bucăţi, în timp ce altele s-au unit şi au dat naştere unor corpuri mai masive.

La graniţa dintre regiunea interioară şi cea exterioară, planetezimalele care erau prea depărtate unele de altele şi se aflau la o distanţă prea mare de cel mai apropiat gigant gazos, Jupiter, pentru a fi atrase pe orbita lui au ajuns să se rotească în jurul Soarelui în ceea ce numim acum centura de asteroizi.

Mai aproape de Soare, unde planetezimalele nu se aflau la distanţe mari unele de altele, au avut loc mult mai multe ciocniri şi, în consecinţă, s-au format treptat patru protoplanete ce dominau centura orbitală a discului. Fiecare dintre ele a crescut printr-un proces violent de acreţie, pe măsură ce câmpurile lor gravitaţionale tot mai puternice au început să atragă cu aviditate planetezimalele rămase în regiunile pe care le parcurgeau în jurul Soarelui. Aceste planetezimale s-au izbit şi au fuzionat cu protoplanetele, generând foarte multă căldură; aceasta, combinată cu căldura produsă prin dezintegrarea anumitor elemente radioactive din interiorul planetei, precum uraniul sau torul, cu cea generată de energia gravitaţională potenţială datorată condensării maselor gazoase, la care se adăuga căldura Soarelui, a fost suficientă pentru a topi o mare parte din fiecare protoplanetă. Odată cu absorbţia majorităţii planetezimalelor din centură, faza de acreţie s-a încheiat, probabil undeva între 400 şi 700 de milioane de ani după ce Soarele s-a aprins. Tocmai s-a născut o planetă formată din rocă topită şi cu o atmosferă alcătuită în special din vapori de silicaţi[113]. Pământul, a treia planetă de la Soare, a intrat în era hadeană

(infernală) de acreţie acum aproximativ 4,56 miliarde de ani şi a ajuns la actuala masă cu 4 până la 3,9 miliarde de ani în urmă.[5]

Pg.212

Nucleul de fier

Căldura generată de bombardamentul planetezimalelor în faza de acreţie a Pământului a fracţionat amestecul topit. Elementele mai grele s-au scufundat către centrul planetei. Cel mai abundent element a fost, de departe, fierul. Astfel, miezul planetei a ajuns să fie alcătuit preponderent din fier, împreună cu ceva nichel, următorul element ca abundenţă. Analizele meteoriţilor bogaţi în fier, laolaltă cu densităţile elementelor deduse pornind de la datele seismice, susţin această ipoteză.[6]

Odată cu încheierea procesului de acreţie generatoare de căldură, nucleul a început să se răcească pornind chiar din centru, care s-a solidificat sub forţa unei presiuni imense, în vreme ce partea lui exterioară a rămas topită.

Câmpul magnetic

Dovezile furnizate de rocile de la suprafaţă arată că, în decursul ultimilor 330 de milioane de ani, câmpul magnetic al planetei şi-a schimbat orientarea de peste 400 de ori, adică polul nord a devenit polul sud şi viceversa. Timpul scurs între aceste schimbări variază de la mai puţin de 100.000 de ani la câteva zeci de milioane. Ultima inversare s-a produs acum aproximativ 780.000 de ani.

În ultimul secol, polul nord magnetic s-a deplasat cu 1.100 de kilometri. În plus, monitorizarea acestor mişcări începând cu 1970 a arătat că rata este în creştere şi că polul se deplasează cu aproximativ 40 de kilometri în fiecare an.[7]

Specialiştii nu înţeleg de fapt cum s-a format acest câmp magnetic. Cei mai mulţi experţi în geoştiinţe planetare susţin ipoteza dinamului, conform căreia mişcarea unui material conductor electric printr-un câmp magnetic existent creşte intensitatea câmpului magnetic iniţial. În acest caz, rotaţia Pământului face ca fierul lichid din stratul exterior al nucleului, care este conductor electric, să circule în jurul axei de rotaţie, generând un câmp magnetic cu polul nord acolo unde se află polul nord axial (sau geografic) şi cu polul sud la polul sud axial. Asta nu explică însă de ce polii se deplasează cu o rată tot mai mare. James Kasting, specialist în fizica atmosferei de la Universitatea de Stat din Pennsylvania, sugerează că aceasta se întâmplă pentru că dinamul este un sistem haotic.[8]

Pg.213

Totuşi, în 2009 Gregory Ruskin, profesor asociat de inginerie chimică şi biologică la Universitatea Northwestern, Illinois, a lansat

ipoteza controversată potrivit căreia fluctuaţiile câmpului magnetic al Pământului se datorează mişcării oceanelor. Sarea din apa marină este conductoare de electricitate, generând câmpuri electrice şi magnetice. În Atlanticul de Nord, schimbările din curenţii oceanici se corelează cu modificările magnetice din vestul Europei.[9] În trecut, mişcările plăcilor tectonice au modificat rutele curenţilor oceanici, ceea ce ar fi putut genera inversarea polilor magnetici.

Scoarţa, litosfera şi mantaua

La sfârşitul fazei de acreţie a Pământului, căldura provenită de la bombardamentul cosmic a încetat, iar suprafaţa a început să se răcească pe măsură ce mişcarea de rotaţie a început să oprească expunerea continuă la Soare, căldura fiind risipită în noaptea cosmică.

Silicaţii topiţi şi sub formă de vapori au început să se condenseze, cei mai uşori la suprafaţă şi cei mai bogaţi în elemente grele la bază. Silicaţii mai uşori, aflaţi în partea exterioară, s-au răcit primii, formând crusta rigidă, adică partea superioară a mantalei, după care au urmat răcirea şi solidificarea stratului următor al mantalei, cel dintre crustă şi partea exterioară a nucleului. Cea mai mare parte a mantalei a rămas fierbinte, dar presiunea materiei de deasupra a forţat-o să se solidifice, deşi într-o formă ductilă.

Răcirea uniformă provocată dinspre exterior a unei asemenea mingi topite ar fi trebuit să ducă la apariţia unor straturi fine cu o adâncime uniformă în scoarţă, stratul exterior al mantalei, şi aşa mai departe. Totuşi, la nivelul scoarţei vedem munţi, văi, vulcani şi câmpii, separate de oceane vaste şi adânci. Au fost formulate mai multe ipoteze pentru a explica această topografie. Pe la sfârşitul secolului al XlX-lea, geologii au adoptat ideea unuia dintre cei mai iluştri reprezentanţi ai lor, austriacul Eduard Suess: după ce s-a răcit, Pământul a început să se încreţească, asemenea unui măr pus la cuptor. În ciuda mişcărilor verticale vizibile, ideea că oceanele şi continentele sunt caracteristici permanente ale scoarţei terestre a devenit teorie geologică acceptată de majoritatea specialiştilor.

Bazându-se pe observaţii făcute anterior care arătau că toate continentele seamănă mai mult cu nişte piese de puzzle ce se potrivesc unele cu altele, un austriac în vârstă de 32 de ani, numit Alfred Wegener, a lansat, în 1912, o ipoteză alternativă pe care a numit-o „derivă continentală". Potrivit acestei teorii, un supercontinent, numit Pangeea, s-a rupt şi diferitele sale fragmente de mărimea unor continente s-au deplasat în mai multe direcţii. Geologia ortodoxă a respins această idee, considerând-o scandaloasă.

Wegener a continuat să lucreze la această ipoteză şi în 1921 a publicat o versiune revizuită şi extinsă a cărţii sale, pentru a-şi

justifica teza. Acum aducea dovezi ale prezenţei unor structuri geologice identice pe coasta de est a Americii de Sud şi pe coasta de vest a Africii, laolaltă cu rămăşiţe fosile identice şi pe alte continente aflate la distanţe mari. Ortodoxia a ignorat sau a respins dovezile geologice; Wegener era, până la urmă, doar un meteorolog. Pentru a explica dovezile fosile, s-a recurs la ideea unor punţi terestre care legau continentele, dar care au dispărut între timp. Ideea lui Wegener era în mod evident absurdă: ce forţe ar fi reuşit să deplaseze lucruri atât de masive precum continentele?

În 1944, geologul englez Arthur Holmes a oferit o explicaţie. Căldura generată de dezintegrarea radioactivă a elementelor din interiorul Pământului furnizează energia necesară pentru a desprinde şi a deplasa continentele. Cu excepţia unui mic număr de susţinători ai ipotezei derivei continentale, majoritatea geologilor au continuat să susţină poziţia ortodoxă, respingând ipoteza şi considerând-o o fantezie extravagantă.

De-a lungul anilor, dovezile s-au tot acumulat. Oceanografii au descoperit că toată crusta oceanică e remarcabil de tânără, având numai 55 de milioane de ani, în comparaţie cu cea terestră, care are 2,3 miliarde ani, unele roci având chiar 3,8 miliarde. Au descoperit o serie de lanţuri muntoase enorme, lungi de 50.000 de kilometri, care se ridicau de pe fundul oceanelor şi înconjurau planeta asemenea unei cusături pe o minge de baseball. Crestele acestor lanţuri muntoase semioceanice erau formate din roci foarte tinere ce manifestau aceeaşi polaritate magnetică pe care o observăm astăzi. De-o parte şi de alta, straturile de rocă îşi alternau polaritatea magnetică. Aceste alternări erau identice cu succesiunea de inversări magnetice deja cunoscute pornind de la fluxurile de lavă şi folosite pentru a data straturile de rocă, ceea ce a demonstrat că vechimea rocii creşte odată cu distanţa faţă de creastă (vezi figura 12.5). Succesiunea temporală a inversărilor magnetice a oferit un sprijin solid ideii potrivit căreia magma din interior a fost împinsă prin creasta unei dorsale oceanice, rupând în două scoarţa formată anterior şi împingând-o în lateral. După ce s-a răcit, această regiune a înregistrat polaritatea magnetică a Pământului la acel moment.

Lawrence Morley, un geolog canadian, a adunat mai multe dovezi pentru a furniza o explicaţie coerentă a tuturor datelor, dar revistele ştiinţifice aderau în acel moment la perspectiva ortodoxă şi au respins articolul propus de el în 1963. Journal of Geophysical Research a respins articolul susţinând că „nu este genul de studiu ce poate fi publicat sub auspicii ştiinţifice serioase"[10].

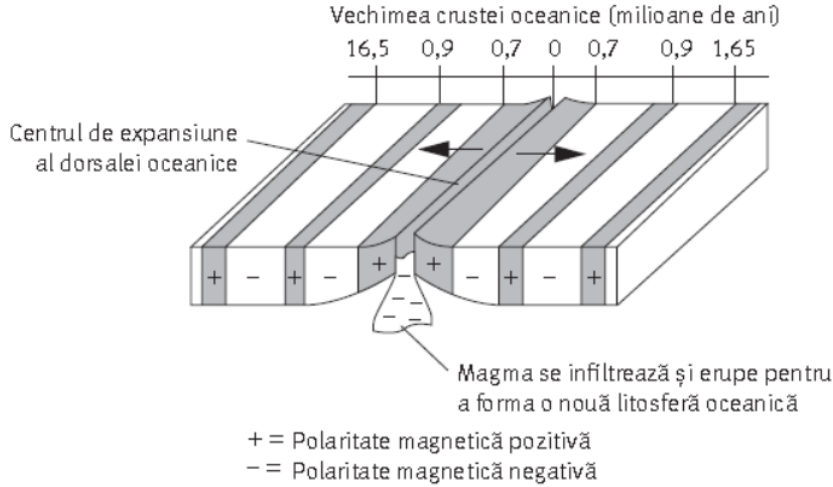

Vechimea crustei oceanice (milioane de ani)
16,5 0,9 0,7 0 0,7 0,9 1,65
Centrul de expansiune
al dorsalei oceanice
Magma se infiltrează și erupe pentru
a forma o nouă litosferă oceanică
+ = Polaritate magnetică pozitivă
− = Polaritate magnetică negativă

Figura 12.5 Straturi de rocă de polaritate magnetică alternantă, situate de ambele părţi ale unei dorsale oceanice. Succesiunea inversărilor magnetice este identică cu succesiunea inversărilor observate în fluxurile de lavă continentală şi este folosită pentru a data straturile de rocă.

Drummond Matthews, de la Universitatea Cambridge, şi studentul său Fred Vine au avut mai mult noroc. Lucrând independent de Morley, au ajuns la acelaşi rezultat, iar revista Nature le-a publicat rezultatele spre sfârşitul anului 1963. Vine şi Matthews au renunţat la sintagma „derivă continentală", pentru că nu doar continentele se deplasaseră. În 1968, teoria lor a fost numită „tectonica plăcilor" şi, întocmai ca în cazul unei schimbări kuhniene de paradigmă, majoritatea geologilor au adoptat această nouă ortodoxie.[11]

Teoria se dezvoltă încă şi anumite elemente se află încă în dezbatere. Totuşi, spre deosebire de modelul cosmologic anterior, aici avem de-a face cu o teorie ştiinţifică. A produs retrodicţii unice, confirmate de cercetare: de exemplu, cu privire la locurile unde ar putea fi descoperite fosile identice din anumite perioade. A produs şi predicţii unice, confirmate de observaţie: de exemplu, cu privire la locurile ce prezintă activitate seismică şi vulcanică şi cu privire la deplasarea maselor continentale.

Folosindu-se de dovezi din domenii foarte diverse, precum paleontologia, oceanografia, seismologia şi, mai recent, cartografierea GEOSAT (Geostationary Satellite), această teorie unificatoare explică fenomenele geologice prin intermediul formării, mişcării şi interacţiunii a şapte blocuri mai mari (şi a câtorva mai mici) de litosferă rigidă, numite plăci tectonice, care plutesc pe astenosferă (vezi figura 12.6).

Pg.216

Placa Pacificului, de exemplu, pulverizează placa nord-americană

cu o rată medie de 5 cm pe an; acest fenomen produce falia San Andreas, lungă de aproape 1.300 km şi atingând în unele locuri câteva zeci de kilometri lăţime, întinsă pe două treimi din suprafaţa statului California.[12]

Figura 12.6 Plăcile tectonice ale Pământului.

Deşi nu există dovezi directe, cei mai mulţi geologi consideră că forţa care mişcă aceste plăci este deplasarea lentă a mantalei fierbinţi şi ductile ce se întinde sub plăcile solide. Se crede că, încălzită în principal prin dezintegrarea elementelor radioactive, precum uraniul şi torul, mantaua se mişcă pe direcţia unor curenţi de convecţie circulari, după cum se vede în figura 12.7.

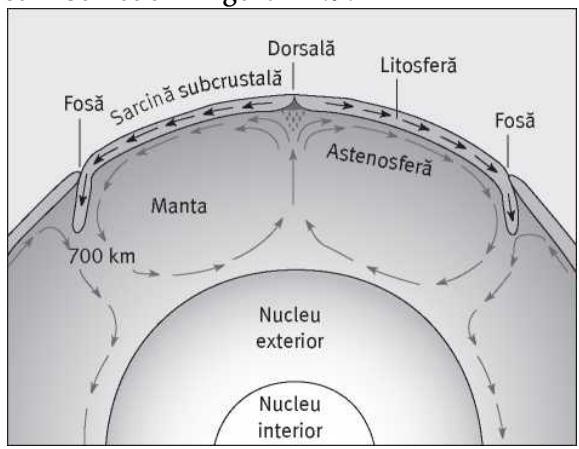


Figura 12.7 Curenţi de convecţie din manta care deplasează plăcile tectonice.

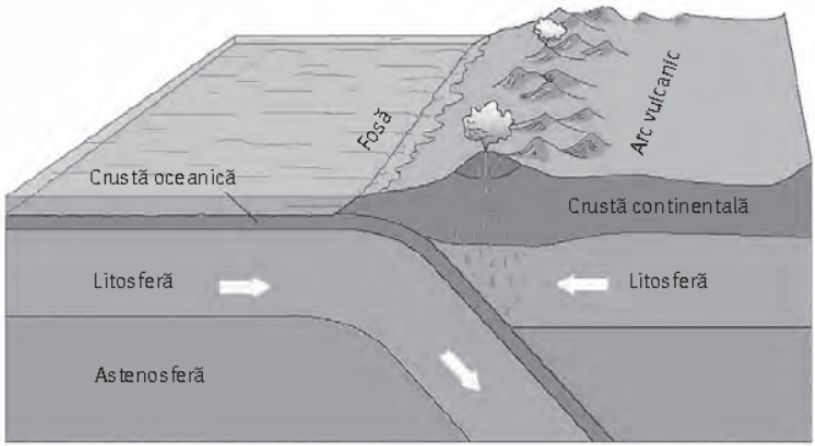


Figura 12.8 Ciocnirea lentă a unei plăci continentale cu una oceanică. Placa oceanică este „subdusă“ (împinsă sub) placa continentală, creând o fisură pe fundul oceanului, formând un lanţ muntos la nivelul plăcii continentale şi generând activitate vulcanică.

Fenomenele geologice sunt cauzate de ciocnirea plăcilor. Figura 12.8 ilustrează ciocnirea lentă dintre o placă oceanică şi una continentală.

De exemplu, magma fierbinte din interior iese forţat la suprafaţă printr-o falie din placa oceanică Nazca, producând o încreţire montană suboceanică şi împingând totodată plăcile în lateral. Partea estică a acestei plăci se loveşte lent de partea vestică a plăcii continentale sud-americane. În felul acesta, este împinsă sub placa sud-americană, într-un proces numit subducţie, dispărând sub fosa Peru-Chile, în partea estică a oceanului, şi ajungând apoi în manta, unde se topeşte. Pe măsură ce este împinsă sub placa sud-americană, aceasta forţează placa respectivă să formeze Anzii, coloana vertebrală a continentului, iar placa slăbită din această regiune formează o zonă în care cutremurele puternice şi distructive, alături de apariţia geologică rapidă a lanţurilor muntoase, sunt comune.

În consecinţă, crusta oceanică e tânără, întrucât se reciclează în permanenţă, pe măsură ce părţile mai vechi sunt scufundate sub placa continentală, unde se topesc, fiind înlocuite cu rocă topită din interior, care iese prin fisura oceanică şi ia forma crestelor semioceanice.[13]

Teoria geologică ortodoxă actuală oferă o explicaţie bazată pe dovezi a formării litosferei şi a evoluţiei ei din perioada în care supercontinentul Pangeea s-a fragmentat, acum 225 sau 200 de milioane de ani. Cât despre originea sa, se presupune că Pangeea reprezintă ultimul ciclu dintr-un proces repetat de formare şi fragmentare supercontinentală, care a început acum 3 miliarde de ani.

Rămâne încă deschisă întrebarea cu privire la forma iniţială a crustei şi a litosferei. Măsurătorile făcute prin intermediul pulsurilor laser trimise către un retroreflector instalat pe Lună de către astronauţii misiunii Apollo 11, în 1969, au arătat că satelitul nostru natural se îndepărtează de Pământ cu 3,8 cm în fiecare an.[14] Asta sugerează că Luna s-a aflat mult mai aproape de Pământ acum 4,5 miliarde de ani. Câmpul gravitaţional mult mai puternic al unei Luni mult mai apropiate se poate să fi ajutat silicaţii mai uşori să se amestece şi să se condenseze pentru a forma un supercontinent în jurul ecuatorului. Totuşi, din moment ce nu există dovezi, astfel de idei sunt în mare parte speculative.

M-am ocupat pe larg de teoria plăcilor tectonice pentru că, după cum vom vedea mai târziu, mulţi oameni de ştiinţă consideră că mişcarea acestor plăci şi, în particular, deplasarea asociată a maselor continentale, joacă un rol crucial în evoluţia biologică.

Hidrosfera şi atmosfera

Nu au rămas dovezi care să arate ce fel de atmosferă a înlocuit vaporii de silicat când bombardamentul planetezimal a încetat şi suprafaţa s-a răcit. În 2001, Stephen Mojzsis şi colegii săi au susţinut, bazându-se pe analiza micilor cristale de zirconiu din rocile de la Jack Hills, din vestul Australiei, că apa lichidă fusese prezentă încă de acum 4,3 miliarde de ani, 200 de milioane de ani după formarea Pământului.[15] În 2005, doi specialişti în ştiinţele pământului, E.B. Watson, de la Institutul Politehnic Rensselaer, Troy, New York şi T.M. Harrison, de la Universitatea Naţională Australiană, Canberra, s-au folosit la rândul lor de analiza zirconiului pentru a propune o dată şi mai timpurie: 4,35 miliarde de ani.[16] Interpretarea lor a fost pusă la îndoială în mod independent de doi specialişti de la Universitatea Australiană din Canberra, Allen Nutman[17] şi Andrew Glickson.[18] Înainte de aceste interpretări, metamorfismul creat de căldură şi de presiune observat la cele mai vechi roci sedimentare de pe Pământ dădea de înţeles că apa nu existase pe această planetă în urmă cu mai puţin de 3,8 miliarde de ani.

Formarea hidrosferei şi a atmosferei a fost mereu un subiect de dezbatere. În anii ’50 şi ’60, geologii au urmat ideea lui William Rubey potrivit căreia materialele volatile au fost blocate în interiorul Pământului în timpul perioadei de formare şi eliberate apoi prin intermediul fumarolelor vulcanice, un proces numit degazificare, care a dus la formarea oceanelor şi a gazelor atmosferice.

Specialiştii din domeniul emergent al ştiinţelor planetare au crezut că zona orbitală a proto-Pământului a fost prea aproape de Soare şi, prin urmare, prea fierbinte pentru ca planetezimalele din care s-a

format să conţină elemente volatile. Aceştia au susţinut mai degrabă ideea că volumul mare de apă de la suprafaţa Pământului a provenit dintr-o sursă exterioară. Oceanul conţine aproximativ o mie de trilioane (10^{21}) kilograme de apă. O cometă tipică conţine probabil cam o mie de bilioane (10^{15}) kilograme de gheaţă, aşa că nu ar fi necesare decât în jur de un milion de comete (10^{6}) pentru ca gheaţa lor topită să producă apa din oceane.[19]

Această ipoteză a fost susţinută de anumite modele computerizate de acreţie planetară care au arătat că Pământul timpuriu a fost bombardat nu doar de resturi aflate în zona sa orbitală, ci şi de planetezimale şi de comete. Ipoteza gheţii cometare s-a transformat în explicaţie ortodoxă a formării oceanelor.

Totuşi, observaţiile făcute în anii 2000 asupra cometelor Halley, Hyakutake şi Halle-Bopp au arătat că aceste corpuri cereşti au cantităţi duble de deuteriu (un izotop al hidrogenului) în raport cu hidrogenul. Asta pare să respingă ipoteza formării cometare. Totuşi, unul dintre susţinătorii ei, Michael Mumma, cercetător de la NASA expert în comete, este neînduplecat. El susţine că aceste comete vin dintr-o altă regiune a sistemului solar, iar cele care vin dinspre regiunea joviană vor indica proporţia corectă. Această conjectură rămâne să fie verificată.

O ipoteză alternativă care încearcă să explice raportul observat între deuteriu şi hidrogen propune teza că cea mai mare parte a apei care există acum pe pământ provine de la câţiva embrioni planetari de mari dimensiuni care s-au format într-o altă parte a centurii de asteroizi şi care nu au fost captaţi de Pământ decât în etapa finală a formării sale.[20]

În ceea ce priveşte atmosfera timpurie, vulcanii de azi eliberează gaze care provin din manta. E posibil ca aceste gaze să fi fost reciclate din rocile de suprafaţă care au fost subduse; când calcarul şi creta, de exemplu, sunt împinse în manta, căldura le dezintegrează carbonatul de calciu, producând dioxid de carbon. Totuşi, concentraţia relativă a gazelor nobile inerte în compuşii gazoşi vulcanici este aproximativ aceeaşi ca în atmosferă. Asta sugerează că gazele precum hidrogenul sulfurat, dioxidul de sulf, dioxidul de carbon, vaporii de apă, nitrogenul sau amoniacul fie au fost prinse în interior în timpul formării planetare, fie au fost produse în interior prin dezintegrarea termică a unor molecule complexe precum carbonatul de calciu. Pe măsură ce suprafaţa s-a răcit, aceste gaze au ieşit prin anumite fante care se formaseră în litosferă. Într-o astfel de atmosferă timpurie nu ar fi fost prezente nici oxigen liber şi nici ozon.

Prin acest proces ar putea fi explicată şi apariţia hidrosferei: odată cu răcirea, vaporii de apă degazificată s-au condensat sub formă de apă lichidă în furtuni violente care au dat naştere râurilor şi

oceanelor.

Fără dovezi directe, astfel de idei rămân însă simple ipoteze.

Luna

Există trei speculaţii care au concurat timp de mai mulţi ani pentru a explica faptul că Pământul are un satelit natural atât de mare. Una dintre ele susţinea că Luna este rezultatul întâmplător al formării şi acreţiei unui planetezimal în apropierea Pământului timpuriu. O alta susţinea că un plane- tezimal care trecea prin apropiere a fost atras de câmpul gravitaţional al Pământului şi a rămas prins în orbita lui. Iar cea de-a treia susţinea că o masă de mari dimensiuni s-a desprins din proto-planeta topită aflată în rotaţie şi s-a condensat, formând apoi Luna.

Analizele fizico-chimice şi datarea radiometrică a mostrelor de rocă aduse de pe Lună de către astronauţii misiunilor Apollo din anii ’70 au contrazis toate cele trei teorii. Ele au arătat, printre alte lucruri, că rocile lunare sunt mai asemănătoare cu cele din mantaua Pământului decât cu cele din meteoriţi (şi prin urmare cu cele din planetezimale), că erau lipsite de elemente mai volatile decât potasiul în comparaţie cu mantaua Pământului, că aveau foarte puţin fier şi că cele mai vechi roci de la suprafaţa Lunii - care aveau în jur de 4,4 sau 4,5 miliarde de ani - sunt mai vechi decât cele de la suprafaţa Pământului.[21]

Dovezile au făcut ca două grupuri de oameni de ştiinţă să lanseze, în 1975, ipoteza impactului gigantic, a cărei dezvoltare a necesitat zece ani de simulări computerizate. Potrivit acestei ipoteze, un planetezimal uriaş, cam de mărimea planetei Marte, s-a ciocnit de proto-Pământ şi s-a contopit cu el. În căldura provocată de ciocnire, nucleele de metal topit ale celor două corpuri cereşti s-au unit ca două picături de apă şi s-au deplasat către centrul proto-Pământului, în acelaşi timp în care impactul a trimis aproximativ 70% din materia de la suprafaţă în spaţiu, unde a fost prinsă de gravitaţia sporită a noului proto-Pământ. Foarte rapid, probabil într-un singur an, aceste resturi topite s-au agregat sub forma unui corp stelar de sine stătător şi s-au condensat pentru a forma Luna.[22]

Această ipoteză explică nu doar dimensiunea neobişnuit de mare a Lunii în comparaţie cu planeta-mamă, compoziţia chimică şi densitatea ei scăzută, dar şi de ce Pământul este cea mai densă planetă din sistemul solar, de ce are un nucleu de metal care, conform dovezilor actuale, este mai mare decât cel al altor planete de aceeaşi dimensiune, precum Venus şi Marte, şi totodată de ce are o crustă mai subţire decât aceste două planete.

Deşi unele întrebări rămân fără răspuns, ipoteza impactului

gigantic este acum perspectivă ştiinţifică ortodoxă.

Biosfera

La începutul capitolului, am enumerat şase condiţii necesare pentru apariţia şi evoluţia vieţii aşa cum o cunoaştem:

1. *Elementele şi moleculele esenţiale*

Ipoteza nebuloasei stelare explică prezenţa elementelor esenţiale, în vreme ce alte ipoteze, în speţă cea a bombardamentului Pământului de către comete purtătoare de apă (sau/şi de către asteroizi şi protoplanete) din era hadeană explică de ce Pământul ar avea cantităţi atât de mari de apă.

Unii specialişti în fizica planetară sugerează că o mare parte din moleculele organice prezente în comete şi meteoriţi au supravieţuit impactului cu Pământul, populând astfel cu compuşi organici oceanele primordiale.[23] Din moment ce ştim că pe comete şi asteroizi[114] s-au format molecule organice complexe, precum aminoacizii, ar fi oarecum plauzibil ca aceste elemente să se fi format independent şi pe Pământ. Dovezile lipsesc însă, pentru că nu a mai rămas nimic din suprafaţa iniţială a Pământului, în vreme ce cometele şi asteroizii se pare că au rămas în mare parte nealterate încă din momentul formării lor.

2. *Masa planetei*

În vreme ce ipoteza nebulară explică formarea giganţilor gazoşi în discul exterior, prea masivi pentru a permite viaţa, precum şi formarea planetelor telurice din discul interior, nu explică de ce Pământul a ajuns să aibă o masă care să permită viaţa, în vreme ce o altă planetă telurică, precum Mercur, a ajuns să fie prea mică, având doar 0,055 din acea dimensiune. Simulările computerizate ale formării planetare concepute în 2004 de Sean Raymond, de la Universitatea din Colorado, sugerează că mărimea unei planete este o caracteristică aleatorie a procesului de acreţie.

3. *Protecţia faţă de radiaţiile nocive şi faţă de impacturi*

Pământul timpuriu a fost protejat de radiaţiile nocive pentru că era înzestrat cu atmosferă şi cu un puternic câmp magnetic. Magnetosfera reflecta radiaţiile ionizante venite de la Soare, aşa cum ne arată figura 12.4. Pământul de atunci nu avea protecţia, oferită acum de stratul de ozon, împotriva radiaţiei ultraviolete de mare intensitate, care ar fi fost fatală formelor de viaţă ce au evoluat mai târziu.

Câmpul gravitaţional al gigantului gazos Jupiter, cu o masă de 300

de ori mai mare decât a Pământului şi aflat la o distanţă de 5 ori mai mare de Soare, fereşte atât planeta noastră, cât şi celelalte planete interioare, de impactul cu cele mai multe dintre comete. George Wetherill, director emerit al Departamentului pentru Magnetism Terestru de la Institutul Carnegie, a estimat că, fără masa şi poziţia avute de Jupiter, Pământul ar fi avut de 1.000 până la 10.000 de ori mai multe impacturi cometare decât acum.[24]

Pg.222

4. Surse de energie

Cele patru surse de energie disponibile pentru a genera procesele biochimice esenţiale au fost: conversia în energie termică a energiei cinetice a planetezimalelor în urma impactului cu suprafaţa Pământului; conversia în energie termică a energiei potenţiale gravitaţionale pe măsură ce materia topită s-a scurs către nucleul Pământului; energia generată de dezintegrarea radioactivă a elementelor, precum uraniul sau torul; căldura provenită de la Soare.

5. Intervalul de temperatură

Temperatura de la nivelul sau din apropierea suprafeţei Pământului este rezultatul tuturor celor patru surse de energie. Radiaţia solară este cea care controlează cu precădere intervalul de temperatură, radiaţie care depinde de cinci factori.

În primul rând, de cantitatea de energie emisă de Soare (luminozitatea sa).

În al doilea rând, de distanţa dintre Soare şi Pământ, care variază între 147 şi 152 de milioane de kilometri, din pricina orbitei eliptice descrise de Pământ în jurul Soarelui în 365,25 de zile.

În al treilea rând, de variaţia albedoului, adică procentul de radiaţie solară incidentă reflectată de o suprafaţă: norii stratus (care sunt mult mai subţiri) au un albedo scăzut, în vreme ce norii stratocumulus (care sunt mult mai denşi) au un albedo de 80%, zăpada proaspătă are undeva între 40 şi 70%, iar nisipul uscat, între 35 şi 40%. Albedoul mediu actual al Pământului este de aproximativ 35%. Nu ştim însă cum au stat lucrurile în primele două miliarde de ani de existenţă a Pământului.

În al patrulea rând, depinde de energia solară ce ajunge la suprafaţă, din care o parte e absorbită şi apoi radiată din nou sub formă de căldură la lungimi de undă mai mari, în funcţie de timpul cât suprafaţa e orientată spre cerul nocturn, care depinde de perioada de rotaţie de 24 de ore a Pământului şi, în anumite locuri, de înclinaţia de 23,5° a axei terestre.

În al cincilea rând, o parte din această energie termică radiată în spaţiu este reflectată înapoi şi încălzeşte suprafaţa Pământului, iar

acest fenomen depinde de gazele ce alcătuiesc atmosfera. În prezent, dioxidul de carbon reprezintă 0,003% din atmosferă şi este principalul element responsabil pentru reflectarea unei cantităţi suficiente de energie radiată pentru a produce un uşor efect de seră.

Pg.223

Toţi aceşti cinci factori produc acum o temperatură atmosferică care oscilează între -50˚C şi +50˚C, în funcţie de perioada anului, de regiune, de distanţa faţă de suprafaţă, în vreme ce temperatura medie anuală de la suprafaţa oceanului este de aproximativ 15˚C.[25] Astfel, în cea mai mare parte a anului, regiunile situate imediat sub şi imediat deasupra suprafeţei terestre au o temperatură potrivită pentru a produce şi a susţine viaţa aşa cum o cunoaştem.

6. Stabilitatea

Această ultimă condiţie cere ca biosfera să aibă o temperatură care să se menţină într-un interval ce permite apei să rămână în stare lichidă la suprafaţa planetei şi să fie ferită de radiaţii nocive şi de impacturi suficient de mult timp pentru ca formele primitive de viaţă să apară şi să se transforme prin evoluţie în forme mai complexe, care vor permite apariţia ulterioară a fiinţelor omeneşti. Faptul că o asemenea stabilitate a fost atinsă de biosfera terestră într-o perioadă de aproximativ patru miliarde de ani se explică prin câţiva factori.

Modelele computerizate ale procesului de formare planetară au arătat că, odată formate, planetele menţin o orbită în general stabilă în jurul Soarelui, în special datorită conservării momentului cinetic.

Totuşi, acest fenomen nu va produce de la sine un interval stabil de temperatură a biosferei, pentru că în acea perioadă Soarele era mult mai palid şi mai rece. Studiile axate pe formarea stelară şi pe diferitele etape ale proceselor solare de fuziune nucleară care generează energie indică faptul că, la începutul erei arhaice a Pământului, acum 3,8 miliarde de ani, Soarele radia cu 25% mai puţină energie decât în acest moment. Dacă toţi ceilalţi factori ar fi semănat cu cei de astăzi, temperatura la sol ar fi fost atunci de aproximativ -18˚C[26]: toată apa ar fi fost sub formă de gheaţă, şi nu în forma lichidă necesară proceselor esenţiale pentru producerea şi menţinerea vieţii.

Pentru a explica existenţa şi evoluţia vieţii în această eră este nevoie de existenţa unor surse suplimentare de energie care să încălzească biosfera. Aceste surse ar putea fi căldura reziduală a procesului de formare planetară, o cantitate mai mare de căldură provenită de la procesele de dezintegrare radioactivă din interiorul planetei sau mai multă căldură radiată şi reflectată înapoi de atmosfera Pământului, proces ce duce la creşterea efectului de seră.

Nu cunoaştem compoziţia atmosferei din era arhaică, dar din

moment ce atmosfera Pământului din momentul formării sale, acum 4,5 miliarde de ani, avea o compoziţie diferită faţă de cea de astăzi (care are 78% nitrogen şi 21% oxigen; vezi secţiunea „Hidrosfera şi atmosfera", de mai sus), este rezonabil să presupunem că acum 3,8 miliarde de ani atmosfera terestră era mai apropiată de cea iniţială. O cantitate mai mare de gaze cu efect de seră, precum dioxidul de carbon şi metanul, ar fi putut încălzi biosfera suficient de mult încât să existe apă lichidă. Totuşi, dacă acea atmosferă diferită avea un albedo diferit, va trebui să ţinem cont şi de acest factor.

Pg.224

În plus, dacă o astfel de atmosferă diferită a produs un efect de seră mai mare care să explice existenţa apei lichide pe Pământ, într-o epocă în care Soarele radia cu 25% mai puţină energie decât acum, va trebui să presupunem că, în decursul celor patru miliarde de ani, a avut loc o scădere bine reglată a efectului de seră pe măsură ce energia radiată de Soare a crescut.

Au fost avansate mai multe ipoteze pentru a explica acest fenomen, inclusiv ipoteza Gaia, propusă pentru prima dată de omul de ştiinţă britanic James Lovelock, în anii ’60, care propune ideea autoreglării prin retroacţiune biotică. De exemplu, bacteriile fotosintetizatoare din oceane ce absorb dioxid de carbon din atmosferă prosperă pe măsură ce cresc temperatura şi cantitatea de lumină solară, reducând astfel efectul de seră; odată ce temperatura scade, aceste bacterii îşi încetinesc dezvoltarea, permiţând unei cantităţi mai mari de dioxid de carbon să existe în atmosferă şi sporind astfel efectul de seră şi temperatura de la suprafaţă. Ipoteza lui Lovelock a primit confirmări empirice în urma analizei chimice a unor mostre de gheaţă de mare adâncime obţinute prin perforarea calotelor glaciare din Antarctica.[27]

Kasting susţine totuşi că mecanismul de retroacţiune biotică nu poate fi principalul factor regulator al temperaturii, mai ales pentru că biosfera vie nu e un rezervor suficient de mare de carbon. În opinia lui, cel mai important proces pe termen lung de reglare a temperaturii de la suprafaţă prin efectul de seră e cauzat de retroacţiunea negativă dintre dioxidul de carbon atmosferic şi temperatura de la suprafaţă prin intermediul aşa-numitului ciclu carbonat-silicat. Astfel, dioxidul de carbon se dizolvă în apă şi erodează rocile ce conţin silicat. Râurile vor transporta aceste produse către oceane, unde vor forma în cele din urmă o placă tectonică oceanică care este împinsă sub o placă continentală, dioxidul de carbon fiind apoi eliberat din nou în atmosferă prin intermediul vulcanilor.[28]

Indiferent care ar fi explicaţia corectă, este evident că intervalul stabil de temperatură a biosferei a fost probabil reglat de mai multe mecanisme de retroacţiune.

În cadrul acestui interval, temperatura variază în funcţie de

momentul zilei, de regiune, de distanţa faţă de suprafaţă şi de momentul din anul solar. Asemenea variaţii de temperatură generează tipare ale vremii în zone diferite care se schimbă zilnic sau de la anotimp la anotimp. În plus, acestea s-au modificat odată cu schimbarea înclinaţiei axiale a Pământului şi a elipticităţii orbitei sale, în vreme ce intensitatea radiaţiei solare a crescut, modificând dramatic atmosfera terestră şi generând schimbări climatice la intervale de zeci de mii de ani.

Pg.225

Biosfera Pământului e un sistem care s-a menţinut într-o stare stabilă, dar departe de echilibrul termodinamic, vreme de aproximativ patru miliarde de ani.

ESTE PĂMÂNTUL SPECIAL?

Perspectiva ortodoxă

Începând din momentul în care Galilei s-a folosit de telescop pentru a dovedi ipoteza copernicană potrivit căreia Pământul nu se află în centrul universului, ci se învârte, la fel ca celelalte planete, în jurul Soarelui, oamenii de ştiinţă au presupus că Pământul nu are nimic special.

Instrumentele mai sofisticate ne-au schimbat perspectiva cu privire la alcătuirea universului, astfel încât astăzi se consideră că Pământul este doar o planetă obişnuită ce orbitează în jurul unei stele obişnuite aflate pe o orbită la fel de obişnuită în jurul centrului unei galaxii obişnuite ce cuprinde câteva sute de miliarde de stele şi face parte dintr-un grup local situat într-un roi obişnuit de galaxii care se învârte în jurul centrului unui superroi de galaxii ce face parte dintr-un univers observabil care cuprinde un număr estimat de o sută de miliarde de galaxii (poate şi mai mult) şi care face parte la rândul lui dintr-un univers încă de nepătruns. Cosmologii ortodocşi cred că până şi acest univers este doar o parte microscopică a unui univers mult mai mare.

Ar fi greu să găsim Pământului un loc şi mai puţin semnificativ în cosmos.

Perspectiva că Pământul nu ocupă un loc special, combinată cu faptul că este populat cu viaţă inteligentă, l-a făcut pe radioastronomul Francis Drake să estimeze, în 1961, numărul de civilizaţii care ar putea exista doar în galaxia noastră. Drake a conceput o ecuaţie care înmulţea şapte parametri. Valoarea pentru primul dintre aceşti parametri, şi anume rata de formare a stelelor propice pentru apariţia vieţii inteligente, se baza pe o estimare brută, dacă nu chiar simplistă; valorile celorlalţi parametri erau simple

bănuieli bazate pe extrapolarea singurului exemplu cunoscut: Pământul. Rezultatul acestor variabile arăta că ar trebui să existe zece civilizaţii în galaxia noastră, detectabile pe baza semnalelor radio şi de televiziune. Deşi această cifră a rezultat mai degrabă dintr-o serie de presupuneri decât din estimări bazate pe dovezi ştiinţifice, termenul „ecuaţie“ pare să-i dea o aură de respectabilitate ştiinţifică. „Ecuaţia Drake“, cum a ajuns să fie cunoscută, a provocat mult entuziasm şi a dus la crearea programului SETI (Search for Extraterrestrial InteUigence)115, care a fost adoptat de NASA şi a fost finanţat o vreme de Congresul Statelor Unite.[29]

Pg.226

Mai bine de 50 de ani de căutări în cele mai probabile locuri nu au produs nici o dovadă a existenţei vieţii inteligente. Nu s-au găsit nici urme ale unor forme de viaţă, oricât de primitive, nici măcar în sistemul nostru solar sau în alte părţi.

Actuala perspectivă cosmologică ortodoxă a fost rezumată de Michael Rowan-Robinson, pe atunci preşedinte al Societăţii Astronomice Regale, în ediţia din 2004 a cărţii sale Cosmology

> Este evident în era postcopernicană a istoriei umane că nici o persoană raţională şi bine informată nu-şi poate imagina că Pământul ocupă un loc unic în univers. Vom numi această descoperire filozofică profundă *principiul copernican*.[30]

Dovezi care pun la îndoială perspectiva ortodoxă

Dovezile că Pământul, chiar dacă nu e unic, ar putea să fie rezultatul unei combinaţii speciale de factori ce permit apariţia şi evoluţia vieţii aşa cum o cunoaştem au început să se cumuleze cu mulţi ani înainte de apariţia cărţii lui Rowan-Robinson.

Zona locuibilă galactică

Cel mai recent factor se referă la poziţia ocupată de Pământ în *zona locuibilă galactică* (ZLG). Ideea a fost avansată în anul 2000 de către doi oameni de ştiinţă de la Universitatea din Washington, paleontologul şi profesorul de biologie şi ştiinţele spaţiului şi Pământului Peter Ward şi profesorul de astronomie Dan Brownlee[31]. A fost apoi dezvoltată de ei şi de alţii, în special de astronomul Guillermo Gonzalez, fost profesor la Universitatea din Washington şi actualmente la Ball State University, Indiana.[32]

Bazată pe studiul unor nori moleculari gigantici şi pe formarea stelară în alte părţi ale galaxiei Calea Lactee, alături de studiul radioactivităţii, această ipoteză nu face decât să aplice ideea zonei locuibile circumstelare la întreaga galaxie. Propune ipoteza că există foarte puţine zone în care viaţa complexă poate evolua şi că aceste zone se schimbă în timp.

Regiunile exterioare ale galaxiei nu au suficiente elemente şi molecule esenţiale care să permită formarea planetelor telurice propice apariţiei vieţii. Aceste elemente sunt prezente în preajma centrului galaxiei, însă interacţiunile gravitaţionale haotice dintr-o astfel de aglomerare de stele creează condiţii

care sunt mult prea instabile ca să poată produce o biosferă planetară. Pe lângă asta, în decursul miliardelor de ani de care viaţa complexă bazată pe carbon are nevoie pentru a evolua, stelele şi sistemele planetare ar fi bombardate de radiaţii letale, provenind fie de la exploziile supernovelor, fie de la materia gata să fie absorbită de gaura neagră gigantică ce se presupune că s-ar afla în miezul galaxiei. Această regiune cu radiaţii fatale s-a micşorat în timp, pentru că astfel de explozii erau probabil mult mai comune în etapele timpurii ale galaxiei.

Braţele spirale ale galaxiei sunt de asemenea ostile vieţii. Acestea sunt regiuni ce permit formarea activă de stele, prin condensarea haotică a unor nori moleculari gigantici. Radiaţia ultravioletă puternică emisă de stelele tinere masive elimină discurile învecinate de gaz şi praf înainte să se poată forma planetele, şi aceste stele gigantice îşi încheie viaţa relativ repede sub formă de supernove.

Singurele zone unde condiţiile sunt bune şi rămân stabile suficient de mult timp pentru a permite evoluţia biologică se află între braţele spirale, în planul discului galactic, sistemul nostru solar fiind situat la jumătatea drumului dintre centrul galaxiei şi marginile vizibile ale discului galactic. Identificarea acestor zone este îngreunată de faptul că stelele care le populează orbitează în jurul centrului galactic, dar nu neparat pe acelaşi plan cu braţele spirale sau la o viteză asemănătoare cu a lor.

Nikos Prantzos, de la Institutul pentru Astrofizică din Paris, a criticat această ipoteză, spunând că este imprecisă şi nemăsurabilă. Am văzut deja că estimările iniţiale ale ipotezei zonei locuibile circumstelare erau prea simpliste şi nu au reuşit să explice formarea temperaturii de la suprafaţa Pământului[116] La scară galactică, mulţi dintre factorii determinanţi sunt încă necunoscuţi, iar măsurarea lor riguroasă depăşeşte capacitatea actuală a astrofizicienilor; trebuie să recunoaştem că adepţii săi au afirmat cât se poate de clar că ipoteza lor se află încă în stadiul de elaborare. Totuşi, ideea de bază e validă: zonele care oferă toate cele şase condiţii pentru apariţia şi evoluţia vieţii complexe constituie doar o mică parte a galaxiei noastre, iar situarea acestor zone se modifică odată cu evoluţia galaxiei.

Pământul se află într-o astfel de zonă de 4,5 miliarde de ani, aşa că nu poate fi considerat o planetă obişnuită ce orbitează în jurul unei stele obişnuite care descrie o orbită obişnuită în jurul centrului unei

galaxii obişnuite.

Stele potrivite

Chiar dacă un sistem stelar se află în zona locuibilă galactică, nu înseamnă că steaua este în mod necesar potrivită pentru apariţia vieţii bazate pe carbon. Stelele sunt clasificate prin

intermediul literelor - O, B, A, F, G, K sau M - de la cele mai mari la cele mai mici. Fiecare categorie are propriile subdiviziuni, marcate prin cifre. Soarele nostru, de exemplu, e o stea de categoria G2.

Numai între 2% şi 5% dintre stele au mărimea Soarelui nostru. O planetă care ar orbita în jurul unei stele mai mici decât categoria K5 va suferi probabil un cuplaj mareic, adică va rămâne mereu cu aceeaşi latură către stea; în consecinţă, partea expusă va fi cel mai probabil prea fierbinte, iar partea întunecată, prea rece pentru ca viaţa complexă să poată evolua. Este de asemenea puţin probabil ca viaţa să evolueze pe o planetă care orbitează în jurul unei stele ce depăşeşte categoria F0, pentru că aceste stele din secvenţa principală au o viaţă relativ scurtă şi emit pe deasupra cantităţi mari de radiaţii ultraviolete distructive.

Ceea ce ne spune că aproximativ 20% dintre stelele din secvenţa principală au o masă potrivită. Totuşi, aproximativ două treimi dintre stele se găsesc în sisteme stelare binare sau ternare.[33] Un sistem binar, în special când stelele sunt destul de aproape una de cealaltă, nu e favorabil vieţii: orice planetă care le-ar însoţi ar descrie o orbită atât de eliptică, încât temperaturile de la suprafaţa sa vor fi când extrem de ridicate, când extrem de scăzute în decursul unei singure mişcări de revoluţie în jurul celor două stele.

Zona locuibilă circumstelară

În cazul acelor stele potrivite care rămân suficient de mult în zona locuibilă galactică, viaţa aşa cum o cunoaştem poate apărea şi poate evolua doar dacă steaua are una sau mai multe planete care rămân suficient de mult timp într-o zonă în care temperatura de la suprafaţa planetei permite existenţa apei lichide, adică în *zona locuibilă circumstelară* (ZLC). După cum am văzut, încercările mai timpurii de a o defini s-au dovedit mult prea simpliste.

O încercare mai sofisticată a fost făcută în 1993 de James Kasting - specialist în fizica atmosferică şi considerat cea mai mare autoritate în domeniul locuibilităţii planetare -, Daniel Whitmire şi Ray Reynolds. Modelul lor climatic unidimensional se foloseşte de energia solară reflectată (efectul albedo), de efectul de seră şi de alţi factori, dar fără a lua în calcul efectul mişcării de rotaţie a planetei asupra cantităţii de energie solară primită şi radiată de suprafaţă.[34] Deşi modelul lor

reprezintă o îmbunătăţire considerabilă faţă de cele precedente, presupunerile şi aproximările pe care ei înşişi au fost nevoiţi să le facă arată cât de dificil sunt de cuantificat astfel de sistemele complexe şi interactive ce antrenează procese de retroacţiune climatică. Echipa însărcinată cu definirea obiectivelor ştiinţifice şi tehnologice ale programului Terrestrial Planet Finder al NASA a ajuns la concluzia că modelele climatice unidimensionale sunt incapabile să simuleze cu acurateţe efectele norilor (vapori de apă sau de

dioxid de carbon) asupra radiaţiei planetare şi, prin urmare, nu sunt demne de încredere; echipa a folosit totuşi o versiune mai sofisticată a modelului lui Kasting pentru a estima o ZLC între 0,75 UA şi 1,8 UA[117] pentru Soare, cu posibilitatea extrapolării în cazul altor stele.[35]

Exoplanetele

În 1994 a fost confirmat anunţul făcut în 1992 de către doi radioastronomi cu privire la primele planete descoperite în afara sistemului nostru solar. Două planete având de trei ori masa Pământului, plus încă un obiect având probabil masa Lunii, orbitează în jurul unei bătrâne stele neutronice care se roteşte cu viteză şi care este o rămăşiţă densă a unei stele de mari dimensiuni ce şi-a încheiat ciclul de viaţă în secvenţa principală printr-un catastrofal colaps gravitaţional şi printr-o explozie sub forma unei supernove.[36] Acesta este unul dintre cele mai neaşteptate locuri în care astronomii s-ar fi gândit că vor găsi planete, însă prezenţa lor în apropierea unei stele neutronice ce emite radiaţii puternice ne dă de înţeles că cele şase condiţii pentru evoluţia formelor de viaţă cunoscute nu pot fi îndeplinite.

Prima planetă ce orbitează în jurul unei stele din secvenţa principală a fost descoperită în anul următor. Telescoapele nu au avut o rezoluţie suficient de puternică pentru a o putea observa direct, dar astronomii i-au putut calcula masa şi distanţa faţă de steaua sa prin observarea oscilaţiei pe care câmpul său gravitaţional o imprima asupra distanţei stelei respective faţă de Pământ atunci când planeta trecea prin faţa, prin jurul şi prin spatele stelei. Planeta 51 Pegasi b este un gigant gazos precum Jupiter, care orbitează în jurul stelei 51 Pegasi la fiecare patru zile. Asta înseamnă că este mai aproape de steaua sa decât Mercur, cea mai apropiată planetă din sistemul nostru solar.

Către finalul anului 2008, astronomii detectaseră 330 de planete extrasolare, numite acum exoplanete. Aceste descoperiri au contrazis modelul nebular al formării planetelor, care prezice că acestea orbitează în jurul stelei lor în aceeaşi direcţie, descriind orbite

aproape circulare situate în apropierea sau chiar la nivelul ecuatorului stelei şi având o distribuire în cadrul căreia planetele mai mici şi mai dense, alcătuite în special din fier şi din rocă (precum Mercur, Venus, Pământ şi Marte), ocupă partea interioară a sistemului, în timp ce giganţii gazoşi, alcătuiţi în principal din hidrogen şi heliu (precum Jupiter, Saturn, Uranus sau Neptun), se află la distanţe mult mai mari de stea. Nu numai că există „Jupiteri fierbinţi" - giganţi gazoşi care orbitează în jurul stelei lor la o distanţă mai mică decât a lui Mercur faţă de Soare, unde temperatura este prea mare pentru ca gheţurile solide sau gazele să formeze un nucleu planetar -, ci există şi alte planete ce descriu orbite cu un puternic caracter eliptic, unele dintre ele deplasându-se în jurul polului stelei, iar altele în direcţia opusă rotaţiei stelei.

Pg.230

NASA a lansat apoi telescopul spaţial Kepler, care detectează chiar şi cea mai uşoară scădere în intensitate a luminii emise de o stea atunci când prin faţa ei trece o planetă, permiţându-ne astfel să identificăm planete mult mai mici decât cele ce puteau fi identificate prin vechile tehnici. În august 2014, fuseseră descoperite 978 exoplanete care orbitau în jurul a 421 de stele, alte 4.234 planete candidate aşteptându-şi confirmarea.[37]

Asta i-a făcut pe foarte mulţi să creadă că Pământul nu e special şi că undeva în galaxia noastră, ce conţine sute de miliarde de stele, trebuie să existe planete pe care să fi evoluat viaţă inteligentă.

Cu toate acestea, sistemele stelare identificate de telescopul Kepler subminează în continuare modelul nebular al formării planetelor. Pe lângă planetele fierbinţi asemănătoare cu Jupiter, telescopul a descoperit planete gigantice cu orbite idiosincratice, în vreme ce planetele cele mai comune, care orbitează în jurul a aproximativ 40% dintre stelele apropiate de noi şi asemănătoare cu Soarele, sunt aşa-numitele super-Pământuri, mai masive decât Terra, dar mai mici decât Neptun (17 mase terestre) - cele mai multe orbitând în jurul stelei lor mult prea aproape pentru a permite apariţia vieţii.

În lumina noilor dovezi, astrofizicienii au avansat mai multe idei pentru a modifica ipoteza formării planetare nebulare. A fost propusă ideea că planetele ajung la mărimea completă în zona delimitată de linia mediană şi cea exterioară a discului nebular şi se deplasează în spirală spre interior pe măsură ce gazul vâscos le încetineşte mişcarea orbitală; asta ar explica prezenţa unor Jupiteri fierbinţi. Totuşi, modelele computerizate arată că ar continua să cadă în spirală spre stelele lor, şi nimeni n-a putut explica până acum de ce îşi încetează spirala descendentă şi se stabilizează pe orbitele pe care le observăm.[38] De fapt, pentru că nu le-am observat în detaliu suficient de mult timp, s-ar putea să se afle încă într-o mişcare spiralată. În

plus, aceste modele nu explică de ce sistemul nostru solar este atât de diferit, în afară de presupunerea arbitrară că discul nostru nebular nu a fost suficient de vâscos încât să determine giganţii gazoşi din sistemul exterior să descrie o mişcare spiralată către interior.

Tehnicile actuale nu sunt capabile să detecteze planetele de mărimea Pământului care orbitează în jurul stelelor lor. Poate că instrumente viitoare mai sofisticate vor găsi în zona locuibilă circumstelară numeroase planete ce au masă, volum şi orbită stabile asemănătoare cu cele terestre.

Pe de altă parte, sistemul nostru solar nu conţine cele mai comune planete detectate până acum: super-Pământurile. Poate că este un fenomen rar ca o planetă telurică precum Pământul să rămână pe o orbită stabilă - aparent datorită influenţei gravitaţionale a unui gigant exterior precum Jupiter, care ne protejează şi de bombardamente cometare - şi la o distanţă optimă faţă de steaua sa vreme de patru miliarde de ani, timp suficient pentru evoluţia vieţii complexe.

Pg. 231

Impactul cu un planetezimal de mărimea planetei Marte

Perspectiva ştiinţifică ortodoxă susţine că satelitul natural neobişnuit de mare al Pământului e o consecinţă a impactului Terrei cu un planetezimal de mărimea planetei Marte.

Studiile recente sugerează că, în etapele finale ale procesului de acreţie, când cele patru planete telurice ale sistemului solar atrăgeau orice planetezimal s-ar fi aflat pe orbita lor, impacturile puternice nu erau chiar atât de rare. Totuşi, pentru a crea un nucleu de fier neobişnuit de mare şi o crustă suficient de subţire pentru a produce o mişcare mai rapidă de rotaţie, pentru a schimba înclinaţia axei de la 22° la 24° şi pentru a produce o Lună neobişnuit de mare care să stabilizeze această înclinaţie, să reducă viteza de rotaţie şi să genereze maree, trebuia ca Pământul să fi fost lovit de un planetezimal cu o masă, o viteză relativă şi un unghi al impactului care să aibă tocmai astfel de rezultate. Toţi aceşti factori influenţează semnificativ apariţia şi evoluţia vieţii.

a. *Nucleul de fier neobişnuit de mare*

Un nucleu de fier neobişnuit de mare înseamnă că doar partea interioară a nucleului s-a solidificat, partea sa exterioară rămânând sub formă lichidă vreme de 4,5 miliarde de ani, ceea ce i-a permis să genereze o magnetosferă puternică ce protejează suprafaţa Pământului de radiaţii ionizante nocive şi atmosfera sa de vântul solar.

Mostrele de rocă culese de sonde de pe Marte arată că planeta a avut cândva o magnetosferă, dar acum nu se mai detectează nici o urmă. Asta a dus la ipoteza că Marte a avut

cândva un nucleu de fier lichid care, la fel ca nucleul interior al Pământului, s-a răcit şi s-a solidificat. Fără o magnetosferă protectoare, aproape întreaga atmosferă marţiană a fost risipită de vântul solar. Sondele nu au descoperit o magnetosferă semnificativă nici pe Venus (se crede că planeta reuşeşte să menţină o atmosferă densă pentru că temperatura înaltă de la suprafaţa sa volatilizează compuşi precum apa, care s-ar fi aflat în stare lichidă pe Pământ).

b. *Scoarţa anormal de subţire*

Scoarţa anormal de subţire a Pământului face posibilă mişcarea plăcilor tectonice, fenomen considerat unic în sistemul nostru solar;[39] dovezile culese de sonde arată că, de exemplu, plăcile tectonice ale planetei Venus sunt blocate.

Pg.232

După cum am văzut, Kasting argumentează că, în ciuda creşterii energiei radiate de Soare, intervalul de temperaturi favorabile atmosferei s-a menţinut vreme de miliarde de ani în principal graţie reglării efectului de seră produs de dioxidul de carbon prin intermediul mecanismului plăcilor tectonice.

În plus, membrii unei specii care sunt separaţi prin deriva continentală cauzată de plăcile tectonice vor avea parte de circumstanţe fizice şi climatice diferite; cele două ramuri ale speciei vor evolua diferit în aceste medii înconjurătoare diferite.

Putem astfel spune că scoarţa subţire favorizează evoluţia speciilor.

c. *Schimbarea rotaţiei*

Modelele computerizate arată că impactul uriaş a făcut Pământul să se rotească mult mai repede în jurul axei sale, descriind probabil o rotaţie completă la fiecare cinci ore, şi că Luna nou formată era mult mai apropiată.

Proximitatea acestei Luni gigantice a produs o atracţie gravitaţională atât de puternică asupra Pământului, încât suprafaţa acestuia se ridica şi se lăsa înapoi până la 60 de metri când Luna trecea prin dreptul său. Acest efect asupra scoarţei a încetinit mişcarea de rotaţie şi a forţat Luna să se îndepărteze tot mai mult, după cum au arătat cele mai recente măsurători cu laser ale NASA.[118] Rotaţia Pământului s-a redus acum la un singur ciclu în 24 de ore. Această zi mai lungă îi permite planetei să primească mai multă radiaţie solară în timpul zilei şi să radieze mai multă căldură în timpul nopţii. Prin urmare, există în medie o variaţie a temperaturii de la suprafaţă mai mare decât în cazul unei planete ce se roteşte mai rapid. Asta permite o mai mare varietate de reacţii biochimice (rămânând în

continuare în intervalul de temperaturi care permit existenţa apei lichide), ceea ce duce la o mai mare varietate de molecule complexe şi astfel la şansa unei creşteri în complexitate a moleculelor. Odată cu apariţia vieţii, aceiaşi factori produc o gamă mai largă de medii înconjurătoare, care mijlocesc la rândul lor o mai mare diversitate evolutivă.

De cealaltă parte, Venus, „planeta soră“ a Pământului, cu care împărtăşeşte aproape aceeaşi masă, se roteşte în jurul propriei axe o dată la 243 de zile terestre. Faptul acesta, în combinaţie cu timpul necesar pentru a-şi descrie orbita în jurul Soarelui, face ca o zi solară de pe Venus să fie echivalentă cu 117 zile terestre. O expunere diurnă atât de lungă la radiaţia solară a produs un efect de seră atât de pronunţat, încât temperatura de la suprafaţă a ajuns în jurul valorii de 470° C, adică suficient pentru a topi plumbul.[40]

Pg.233

d. *înclinaţia axială de 23,5°*

Înclinaţia axei de rotaţie la 23,5° (vezi figura 12.2) generează variaţii sezoniere ale temperaturii, care sunt diferite la latitudini diferite, dar care rămân în intervalul biosferic. Această variaţie a climei de pe suprafaţa planetei produce o varietate de medii înconjurătoare schimbătoare care generează la rândul lor diversitate biologică.

e. *Stabilitatea înclinaţiei axiale*

Proximitatea unei Luni neobişnuit de mari generează un câmp gravitaţional suficient de intens pentru a stabiliza înclinaţia axială a planetei.

Stabilizarea nu e perfectă; înclinaţia axială variază între 22° şi 24° în decursul a 41.000 de ani[41], fenomen ce contribuie la apariţia periodică a epocilor glaciare, aşa ne spune aşa-numita ipoteză Milankovitch. Totuşi, vorbim despre o variaţie foarte mică. Un studiu din 1993 a arătat că, fără gravitaţia Lunii, axa Pământului ar varia haotic de la 0° la 85° într-o perioadă de câteva zeci de milioane de ani, ceea ce ar devasta profund clima Terrei. O simulare computerizată din 2011 a pus la îndoială aceste rezultate, sugerând că axa ar varia numai între 0° şi 50° în peste patru miliarde de ani.[42] Chiar şi aşa, astfel de modificări ale înclinaţiei ar fi generat mari schimbări de temperatură, îngreunând extrem de mult evoluţia vieţii complexe.

f. *Mareele*

Câmpul gravitaţional foarte puternic al Lunii este de asemenea responsabil pentru mareele oceanelor şi mărilor terestre. Aceste maree nu doar că modifică mediul fizic -

producând diversitate biologică - prin erodarea ţărmurilor, ci aduc materie din largul mării către uscat şi de pe uscat în largul mării, generând ecosisteme dinamice.

Rezultatul tuturor acestor factori, combinaţi cu o creştere a cantităţii de energie radiate de Soare şi cu schimbările masive din atmosfera Pământului, este un flux schimbător de energie ce traversează un sistem care a rămas stabil, deşi departe de echilibrul termodinamic, vreme de patru miliarde de ani. Bazându-se pe cercetarea lui Ilya Prigogine, Morowitz şi alţii consideră că un astfel de sistem produce complexitate fizică şi chimică ce va duce în cele din urmă la apariţia şi evoluţia vieţii.[43]

CONCLUZII

În prima parte am ajuns la concluzia că un univers în care materia poate evolua până la formele de viaţă pe care le cunoaştem necesită un set de legi fizice şi chimice care descriu sau chiar determină felul în care componentele materiei

interacţionează, reglajul fin al celor şase parametri cosmologici şi al celor două constante lipsite de dimensiune, precum şi reglajul fin al celor trei parametri din cadrul nucleosintezei stelare de care depinde producerea unei cantităţi suficiente de carbon pentru formarea unor molecule organice esenţiale.

Acest capitol duce la următoarele concluzii:

1. Pentru ca moleculele organice formate din cel mult 13 atomi (întâlnite în spaţiul interstelar şi pe asteroizi) să evolueze până la un stadiu asemănător în complexitate cu cel uman trebuie îndeplinite şase condiţii: o planetă cu elementele şi moleculele esenţiale, surse de energie, o masă minimă (şi probabil maximă), protecţie faţă de radiaţiile nocive şi de impacturi, un interval restrâns de temperatură imediat deasupra şi imediat dedesubtul suprafeţei şi stabilitatea biosferei vreme de miliarde de ani.
2. Aceste condiţii sunt posibile datorită mai multor factori galactici, stelari şi planetari conjugaţi:
   - 2.1 Se învârte în jurul unei singure stele ce are o masă aflată în intervalul îngust necesar pentru o stabilitate de 4,5 miliarde de ani şi se află într-o zonă galactică locuibilă relativ mică şi schimbătoare.
   - 2.2 A ajuns la stadiul de planetă telurică ce conţine sau poate să capteze elemente şi molecule esenţiale.
   - 2.3 Masa sa se situează în intervalul ce permite apariţia unei biosfere.

2.4 Poziţia sa în cadrul zonei locuibile circumstelare este protejată într-o manieră atipică vreme de 4,5 miliarde de ani de bombardamentul distructiv al cometelor prin efectul gravitaţional produs de un gigant gazos exterior.

2.5 În perioada sa de formare, planeta a fost lovită de un planetezimal cu o masă, o viteză relativă şi un unghi al impactului potrivite pentru a produce o serie de caracteristici necesare evoluţiei vieţii complexe: un nucleu de fier neobişnuit de mare ce produce o magnetosferă puternică; o scoarţă neobişnuit de subţire ce permite mişcarea plăcilor tectonice; un satelit natural anormal de mare ce produce o rotaţie optimă, o înclinaţie axială stabilă şi maree oceanice.

2.6 Planeta are unul sau mai multe mecanisme de retroacţiune care menţin un interval de temperatură superficială favorabilă reacţiilor biochimice şi care permit apei lichide să rămână la suprafaţă vreme de patru miliarde de ani, în ciuda energiei tot mai mari iradiate de steaua sa.

3. Toţi aceşti factori produc un flux schimbător de energie ce traversează un sistem care a rămas stabil, deşi departe de echilibrul termodinamic, vreme de patru miliarde de ani şi care a mijlocit dezvoltarea complexităţii necesare apariţiei şi evoluţiei diverselor forme de viaţă, inclusiv a omului.

Pg.235

4. Aceşti factori contrazic perspectiva cosmologiei ortodoxe potrivit căreia Pământul este doar o planetă obişnuită care orbitează în jurul unei stele obişnuite dintr-o galaxie obişnuită formată din câteva sute de miliarde de stele şi care face parte la rândul ei dintr-un univers observabil despre care se presupune că este alcătuit din circa o sută de miliarde de galaxii.

5. Deşi nu e unic, Pământul reprezintă una dintre puţinele excepţii din galaxie, dacă nu din tot universul, având în vedere condiţiile necesare pentru apariţia şi evoluţia unor forme de viaţă atât de complexe cum sunt fiinţele umane.

Pământul a evoluat de la stadiul de planetă cu o suprafaţă fierbinte şi o atmosferă alcătuită probabil din hidrogen sulfurat, dioxid de sulf, dioxid de carbon, vapori de apă, nitrogen şi amoniac, componente care ar fi fost otrăvitoare pentru om şi nu ar fi oferit nici o protecţie împotriva radiaţiilor ultraviolete, la stadiul de planetă cu o temperatură superficială medie anuală de 15° C, cu mări albastre, nori pufoşi şi o atmosferă alcătuită în principal din azot şi oxigen, la care se adaugă stratul de ozon ce blochează radiaţiile ultraviolete nocive, permiţând astfel apariţia şi evoluţia vieţii la suprafaţă. Dar ce este viaţa?

CAPITOLUL 13
Viata

Şi atunci, ce-i viata? am strigat.
Percy Bysshe Shelley, 1822

Esenta vietii este improbabilitatea statistică la o scară colosală.
Richard Dawkins, 1986

Dacă vrem să descoperim cum a apărut viaţa pe Pământ, trebuie mai întâi să înţelegem ce este viaţa. Pentru cei mai mulţi dintre noi faptul de a fi viu pare a fi de la sine înţeles. Pisica ce se freacă de piciorul meu e vie; felia de pâine prăjită de pe farfuria din faţa mea nu e vie. Dar definirea acelui lucru care distinge ceea ce e viu de ceea ce nu e viu se dovedeşte mai dificilă.

Aşa cum am arătat în capitolul 9, suntem alcătuiţi în esenţă din atomi de hidrogen, oxigen, carbon şi azot. Dar aceştia nu sunt diferiţi de atomii de hidrogen, oxigen, carbon şi azot care se găsesc în apă, în aer şi în pâinea prăjită. Într-adevăr, un flux format din astfel de atomi intră şi iese din corpul nostru în timp ce respirăm, bem, mâncăm, transpirăm, urinăm şi defecăm.

Dacă nu atomii caracterizează organismele vii, atunci e poate vorba de aranjamentul lor în molecule mai complexe? Dar o persoană care tocmai a murit are acelaşi nivel de complexitate moleculară pe care-l avea în momentul dinaintea morţii.

Voi încerca să formulez o perspectivă asupra naturii vieţii examinând unele idei ale lumii antice despre viaţă, explicaţiile oferite de ştiinţă, unele explicaţii contemporane care încearcă să armonizeze perspectiva tradiţională cu ştiinţa modernă, răspunsul ştiinţei ortodoxe, caracteristicile vieţii stabilite în prezent de ştiinţa ortodoxă şi unele definiţii importante ale vieţii.

VIAŢA DIN PERSPECTIVA LUMII ANTICE

Cele mai timpurii încercări de a înţelege esenţa vieţii au fost întreprinse în India. Înţelepţii foloseau meditaţia - o introspecţie disciplinată care caută înţelegerea prin unirea cu obiectul studiat -, iar intuiţiile lor au fost consemnate în Upanişade. Unele Upanişade spun că viaţa este *prana.*

Pg.237

Acest cuvânt sanscrit provine probabil de la prefixul *pra-*, care înseamnă „a umple“ (folosit aici probabil ca element de întărire) şi rădăcina *na,* care înseamnă „a respira"[1]. Ar putea fi interpretat literal

ca respiraţie, dar *Prashna Upanishad* ne lămureşte asupra semnificaţiei termenului. Şase căutători ai adevărului i-au pus pe rând o întrebare înţeleptului Pippalda. Răspunzând primului, care întrebase cine a creat universul, Pippalda a spus că Domnul a meditat şi a creat *prana* şi *rayi* (materia), iar din această dualitate au izvorât dualităţile masculin şi feminin, Soare şi Lună, lumină şi întuneric. Asemenea celorlalte *Upanisade,* restul învăţăturilor din *Prashna Upanishad* explică clar, prin metaforă, comparaţie şi parabolă, că *prana* este energia fundamentală şi vitală a fiecărui corp şi totodată a întregului univers.[2] Medicina ayurvedică încearcă să atingă echilibrul în *prana,* în timp ce yoga tinde să-i amplifice fluxul prin corp.

Michael Nagler, profesor de literatură clasică şi comparată de la Universitatea din California, Berkeley, susţine că *prana* înseamnă energie vitală şi că toate semnele vitale prin care încercăm să identificăm prezenţa vieţii din afară sunt indicii ale capacităţii corpului de a direcţiona, conserva şi folosi energia la un înalt grad de complexitate. Asta e viaţa din punct de vedere biologic.[3]

Răspunzând la respingerea vitalismului de către ştiinţa modernă, Nagler întreabă: dacă viaţa nu e energie, atunci ce e?

Un punct de vedere asemănător e oferit de textele daoiste din China, colecţie de idei şi reflecţii filozofice datând din secolul al Vl-lea î.Hr. În acest caz, vechiul cuvânt 氣, qi (sau chi, în funcţie de normele occidentale folosite) înseamnă în acelaşi timp respiraţie şi spirit dătător de viaţă.[4] Manipularea fluxului qi, energia vitală a corpului, joacă un rol central în medicina chineză tradiţională.

Această perspectivă a fost transmisă japonezilor când aceştia au adaptat cultura chineză la propria lor societate. Cuvântul lor pentru respiraţie şi spirit este *ki.*

Evreii foloseau şi ei un cuvânt cu două înţelesuri: *ruah*, cu sensul de vânt sau duh. În Tanah, scripturile lor, acest termen este folosit cu sensul de Duh al lui Dumnezeu.

În poemele homerice, datând din secolul al VIII-lea î.Hr., *psyche* este respiraţia sau spiritul ce părăseşte corpul eroului în clipa morţii.[5] Stoicii (secolul al III-lea î.Hr.-secolul I d.Hr.) spuneau că *pneuma* (respiraţie, suflet sau spirit vital), Zeul şi principiul care guvernează natura sunt în esenţă acelaşi lucru, preluând perspectiva heraclitiană potrivit căreia universul e însufleţit de o inteligenţă sau de un suflet asemănător focului.[6]

În mod asemănător, romanii foloseau cuvântul latin *spiritus*, prin care înţelegeau atât respiraţie, cât şi spirit sau duh; Biserica creştină occidentală a preluat acest termen pentru a numi a treia persoană a Treimii: Sfântul Duh.

Astfel, explicaţia că spiritul vital sau energia vitală însufleţeşte

materia (adică îi „suflă viaţă“) şi o face să fie diferită de ceea ce e neînsufleţit era larg răspândită în Antichitate. Mai mult decât atât, această energie vitală - numită în general vitalism - se află la baza tuturor energiilor din univers.

În diferite culturi şi religii, energia vitală a fost interpretată fie drept creaţie a unei divinităţi supreme lipsite de formă, fie ca divinitatea însăşi, fie ca un aspect al divinităţii, fie, prin antropomorfizare, ca lucrul pe care Dumnezeu sau un zeu l-a suflat asupra materiei neînsufleţite, precum lutul, pentru a-i da viaţă.

Vitalismul nu a apărut doar ca urmare a unor intuiţii mistice, ci şi pentru că ştiinţa timpurie i-a dedus existenţa.

DEZVOLTAREA PERSPECTIVEI ŞTIINŢIFICE ASUPRA VIEŢII

Mare parte a ştiinţei şi medicinii occidentale se sprijină pe redescoperirea lui Aristotel în secolul al XII-lea. Spre deosebire de mulţi alţi gânditori antici, precum Pitagora şi Heraclit, Aristotel nu era mistic. El a diferenţiat între lucrurile minerale, neînsufleţite, şi cele vegetale şi animale, susţinând că viaţa este dată de *psyche* sau de suflet. Pentru Aristotel, *psyche* nu e vreun spirit eteric, ci forma sau organizarea caracteristicilor fizice care înzestrează corpul cu viaţă şi scop: sufletul şi corpul sunt două aspecte ale aceleiaşi fiinţe vii. Totuşi, multe comentarii medievale au interpretat traducerile lui Aristotel (majoritatea în arabă) cu intenţia de a justifica un vitalism mai puţin materialist.[7]

Un astfel de vitalism a fost susţinut la începuturile ştiinţei moderne din secolele al XVI-lea şi al XVII-lea, în opoziţie cu extinderea în sfera biologică a mecanicismului cartezian, care considera organismul un simplu mecanism. Vitaliştii susţineau că materia nu poate explica mişcarea, percepţia, dezvoltarea sau viaţa. Chiar şi mecaniciştii secolului al XVIII-lea, precum John Needham şi contele de Buffon, erau forţaţi de experimentele lor în domeniul biologiei dezvoltării să invoce o forţă vitală analogă gravitaţiei şi atracţiei magnetice.

Vitalismul a jucat un rol fundamental în dezvoltarea chimiei în secolul al XVIII-lea şi la începutul secolului al XIX-lea. A dat naştere unei diferenţieri aristotelice între substanţele organice (extrase din animale şi plante) şi cele anorganice (minerale). Georg Stahl a susţinut că diferenţa de greutate dintre bucata de lemn şi cenuşa rezultată prin ardere este reprezentată de forţa vitală s-a pierdut iremediabil.

Opoziţia faţă vitalism a crescut începând cu mijlocul secolului al XIX-lea, fiind promovată de medici şi fiziologi care susţineau materialismul mecanicist şi de chimişti care sintetizau compuşi existenţi în natură pornind de la elementele lor chimice constituente,

contrazicând astfel afirmaţia lui Stahl.

Pg.239

Cu toate acestea, vitalismul a fost susţinut în continuare în secolul al XlX-lea de oameni de ştiinţă remarcabili precum Louis Pasteur, care afirma că fermentaţia e o „acţiune vitală“. Totuşi, la începutul secolului XX medicina, biologia şi chimia ortodoxe au respins vitalismul bazându-se pe faptul că fenomenele postulate de această teorie puteau fi explicate prin reducerea lor la componente fizice şi chimice care respectau legile fizice şi chimice. În ciuda acestor explicaţii, vitalismul a fost susţinut şi în prima parte a secolului XX, de filozoful francez Henri Bergson, laureat al Premiului Nobel pentru Literatură, şi de eminentul embriolog german Hans Driesch.[8]

PRESUPUSA ARMONIE ÎNTRE PERSPECTIVA TRADIŢIONALĂ ŞI ŞTIINŢA MODERNĂ

Medicina alternativă

Occidentul ultimilor cincizeci de ani a cunoscut o dezvoltare a medicinii alternative bazată pe vechi practici orientale de vindecare. Tratamente precum acupunctura şi acupresura sunt destinate deblocării curentului *qi*, în timp ce terapii precum *reiki* (de la japonezul *rei*, care înseamnă nevăzut sau spiritual, şi *ki*, energia vitală, de unde avem „energie vitală universală") sunt de asemenea axate pe transmiterea sau canalizarea energiei vitale universale către pacient fie prin atingere, fie prin mişcarea palmelor terapeutului în apropierea corpului pacientului.

Începând cu anul 1972, când o revistă medicală occidentală a menţionat pentru prima dată acupunctura ca metodă analgezică folosită în cadrul operaţiilor complicate în locul anesteziei medicamentoase, unele sectoare ale practicii medicale occidentale au testat şi au folosit cu succes acupunctura în numeroase situaţii, inclusiv în gestionarea durerii acute şi cronice, în recuperarea după paralizia provocată de un accident vascular cerebral şi în tratarea bolilor respiratorii. Încă nu se ştie clar cum funcţionează această metodă.

În Occident, abordarea holistică orientală a fost adoptată în mai mare măsură de personalul ce asigură asistenţa medicală. Cel mai bine cunoscut tratament, predat în peste o sută de universităţi şi şcoli medicale din Statele Unite şi Canada, este terapia prin atingere. De fapt, nu se atinge corpul pacientului, ci câmpul energetic vital sau aura sa, care se întinde, conform acestor terapeuţi, de la câţiva centimetri până la câţiva metri de corp. Practicile folosite nu se deosebesc foarte mult de *reiki* şi poartă diferite denumiri, precum

vindecare, vindecare spirituală sau vindecare psihică.

Am acceptat să fiu tratat cu astfel de practici în două rânduri. Prima dată, am avut o senzaţie de căldură, iar a doua oară am simţit nişte furnicături, în timp ce vindecătoarea îşi trecea mâinile peste corpul meu. Nu cunosc natura acestor senzaţii, despre care se spune că sunt caracteristice.

Pg.240

Dolores Krieger, profesor specializat în asistenţa medicală la Universitatea din New York şi fondatoarea terapiei prin atingere, a identificat energia drept *prana*. Ea susţine că terapia prin atingere, asemenea hipnoterapiei, este eficientă în mod special la nivelul sistemului nervos autonom. „În ultimă instanţă, pacientul e cel care se vindecă pe sine.“[9] Potrivit acestui punct de vedere, vindecătorul sau terapeutul acţionează ca un sistem de susţinere a energiei umane până când propriul sistem imunologic al pacientului este suficient de puternic pentru a prelua sarcina.

Succesele declarate în mare măsură se bazează pe mărturii personale, cu un număr foarte restrâns de studii sistematice. În 1973, Krieger a demonstrat că valorile medii ale hemoglobinei la 46 de subiecţi au crescut în urma terapiei prin atingere, comparativ cu modificări nesemnificative înregistrate la un grup de control format din 29 de subiecţi.[10] În 1998, Centrul Medical al Universităţii din Pittsburgh a semnalat ameliorări semnificative şi reducerea durerii cauzate de osteoartrita de genunchi la pacienţii supuşi terapiei prin atingere, comparativ cu grupuri placebo şi de control, deşi numai 25 de pacienţi au participat până la capăt la acest studiu.[11]

În schimb, *Journal of the American Medical Association* a publicat pe 1 aprilie 1998 un studiu devenit faimos despre care se presupune că a fost conceput de Emily Rosa, o fată în vârstă de 11 ani. Ea a invitat 21 de specialişti în terapia prin atingere să-şi introducă ambele mâini printr-un orificiu cu care era prevăzut un panou opac şi să simtă câmpul ei energetic vital, precizând lângă care dintre cele două palme îşi aşază (aleatoriu) propria mână. Terapeuţii au avut o rată de succes de 44%, sub pragul de 50% pe care era de aşteptat să-l atingă doar din pură întâmplare.[12]

Ipotezele câmpurilor

În aceeaşi perioadă, câţiva oameni de ştiinţă şi filozofi au lansat ideea că biologia ortodoxă este încă prizonieră abordării newtoniene mecaniciste, specifică fizicii secolului al XlX-lea, şi că nu a luat în considerare revoluţia fizicii de la începutul secolului XX, în special teoria cuantică, cu conceptele ei de câmp şi nonlocalizare. Aceştia sunt atraşi de ideea că universul este un tot şi că toate părţile sale se află într-o stare de interdependenţă coerentă şi dinamică.

Fizicianul teoretician David Bohm, influenţat de misticul indian Jiddu Krishnamurti, s-a numărat printre primii care au încercat să dezvolte un model holistic al universului bazat pe principii ştiinţifice. El a numit acest model „Plenitudine Indivizibilă în Mişcare Curgătoare", în care „această curgere este anterioară celei a «lucrurilor» care pot fi văzute ca formându-se şi dizolvându-se în ea"; iar mai departe spune că „însăşi viaţa trebuie văzută ca aparţinând, într-un anume sens, unei totalităţi" şi că aceasta e cumva „înfăşurată" în întregul sistem.[13]

Pg.241

Ervin Lăszlo, fost profesor de filozofie, teoretician al sistemelor şi pianist, susţine că recentele descoperiri din domeniul ştiinţelor naturale sprijină teoria existenţei unui câmp care leagă şi corelează instantaneu toate lucrurile din cosmos. E vorba despre o redescoperire a vechii idei mistice de *akasha* (cuvânt sanscrit care înseamnă „spaţiu"), cel mai important dintre cele cinci elemente ale cosmosului, care le susţine pe celelalte (aer, foc, apă şi pământ) în el însuşi, dar care este în acelaşi timp în afara lor. Lăszlo susţine că acest câmp akashic este elementul de bază al cosmosului şi îl echivalează cu vidul cuantic al universului[119], care, potrivit teoreticienilor mecanicii cuantice, are o energie în stare fundamentală din care materia poate apărea în mod spontan.[14] În opinia lui Lăszlo, câmpul akashic este baza originară a tuturor lucrurilor din univers şi astfel sursa întregii vieţi şi a ceea ce leagă laolaltă întreaga viaţă.

Biologul botanist Rupert Sheldrake a fost timp de şapte ani director al Departamentului de Biochimie şi Biologie Moleculară de la Clare College, Universitatea Cambridge. Sheldrake a plecat să cerceteze fiziologia culturilor de cereale în India, unde a discutat cu Krishnamurti şi a petrecut 18 luni în *ashramul* lui Bede Griffiths. Pornind de la această experienţă şi adoptând perspectiva vitalistă a lui Bergson şi Driesch, şi-a dezvoltat ipoteza cauzalităţii formative, conform căreia memoria este inerentă naturii: cele mai multe dintre aşa-zisele legi ale naturii sunt mai curând deprinderi dependente de întărirea asemănărilor nonlocale.[15]

Sheldrake susţine că sistemele naturale sau unităţile morfice, la toate nivelurile de complexitate - atomi, molecule, cristale, celule, ţesuturi, organe, organisme şi societăţi de organisme -, sunt animate, organizate şi controlate de câmpuri morfice nonlocale ce posedă o memorie intrinsecă. Un specimen (de exemplu, o celulă individuală) dintr-un grup morfic (de exemplu, celulele hepatice), grup care şi-a stabilit deja câmpul morfic colectiv prin tiparul de comportament din trecut, se va sincroniza cu acel câmp morfic al grupului şi îi va citi informaţia colectivă printr-un proces de rezonanţă mor- fică care ghidează propria dezvoltare a specimenului. Această dezvoltare

reacţionează prin rezonanţă cu câmpul morfic al grupului, pe care-l întăreşte cu propria experienţă, adăugând informaţie nouă care permite câmpului să evolueze.

Sheldrake sugerează că există un spectru continuu de câmpuri morfice, care include câmpurile morfogenetice, comportamentale, mentale, sociale şi culturale. Astfel, câmpurile morfice funcţionează ca baze de date universale şi evolutive atât pentru formele vii, cât şi pentru cele mentale, conducând la ideea unui univers viu, care evoluează şi are propria memorie inerentă.

Pg.242

Cele mai multe dintre aceste teorii - atât din domeniul medicinii, cât şi din cel al biologiei - împărtăşesc opinia că ştiinţa ortodoxă, care îşi are rădăcinile în reducţionism, este incapabilă să explice ce este viaţa, convingerea că universul e un întreg dinamic, alcătuit din părţi interdependente conectate printr-un câmp energetic universal, asemănător celui despre care vorbeau misticii din vechime, credinţa că organismele vii sunt conectate cu acest câmp printr-o relaţie de interdependenţă şi, în sfârşit, convingerea că această perspectivă este susţinută de dovezi şi e compatibilă cu principiile ştiinţifice avansate, în special cu teoria cuantică a câmpurilor.

RĂSPUNSUL ŞTIINŢEI ORTODOXE

Răspunsul ştiinţei ortodoxe contemporane la aceste ipoteze din domeniul biologiei este rezumat într-un articol de opinie referitor la ipoteza lui Sheldrake, publicat în 1981 de revista Nature şi semnat de John Maddox, directorul editorial de la acea vreme:

> Argumentele lui Sheldrake nu au nimic ştiinţific, ci sunt un simplu exerciţiu pseudoştiinţific. Frizând absurdul, el afirmă că ipoteza sa poate fi testată - că poate fi supusă criteriului popperian al falsificabilităţii - şi, într-adevăr, textul său include vreo şase propuneri de experimente care s-ar putea realiza pentru a verifica dacă formele de agregare a materiei sunt cu adevărat modelate de ipoteticele câmpuri morfogenetice, care, se presupune, străbat toate lucrurile. Aceste experimente au în comun faptul că sunt cronofage, neconcludente [...] şi nepractice, în sensul că nici o agenţie care acordă subvenţii pentru cercetare şi care se respectă nu ar lua în serios aceste propuneri [...]. O obiecţie mai serioasă la argumentele sale este faptul că nu spune absolut nimic despre natura şi originea câmpurilor morfogenetice fundamentale şi nu propune modalităţi de a investiga căile prin care acestea sunt propagate. Mulţi cititori vor rămâne cu impresia că Sheldrake a reuşit să găsească un loc pentru magie în cadrul discuţiei ştiinţifice.[16]

Opoziţia faţă de folosirea acestor idei holistice în medicină a fost

condusă, între alţii, de Linda Rosa, mama lui Emily, fetiţa precoce pomenită mai sus. Cu doi ani înainte ca experimentul lui Emily să vadă lumina tiparului (lucrarea a fost scrisă de mama sa şi de alte două persoane, pe lângă Emily), aceasta a publicat *Survey of Therapeutic Touch „Research“,* invocând existenţa unor greşeli metodologice şi de altă natură în toate studiile pozitive.

Pg. 243

Victor Stenger, profesor de astronomie la Universitatea din Hawaii, este un materialist înfocat care a pornit totodată o campanie împotriva a ceea ce el numeşte pseudoştiinţa folosită în practica medicală occidentală. Concluzia sa e că nu există nici o dovadă care să susţină existenţa energiei vitale sau a câmpului bioenergetic. Totul se poate reduce la interacţiunile electromagnetice explicate de fizica şi biochimia ortodoxe, care au la bază teste şi experimente temeinice. Atâta timp cât nu se poate demonstra contrariul, cu aceeaşi relevanţă experimentală cerută în fizică, parcimonia impune ca alte explicaţii ale dovezilor să fie respinse.[17]

Cred că Stenger are dreptate când spune că multe afirmaţii sunt refutabile şi că dovezile analizate până în prezent nu sunt suficiente pentru a confirma existenţa unui câmp cosmic răspunzător pentru fenomenul vieţii.

Totuşi, absenţa dovezilor nu este o dovadă a absenţei. Un John Maddox din secolul al XVIII-lea ar fi considerat absurdă ideea existenţei unui câmp cosmic răspunzător de fenomenele electrice şi magnetice (potrivit ştiinţei actuale, câmpul electromagnetic are un spectru infinit). Mai mult decât atât, ştiinţa ortodoxă acceptă existenţa unui câmp cosmic şi a vidului cuantic, cu toate că nu le poate încă explica natura.

PERSPECTIVA ŞTIINŢIFICA ORTODOXA ASUPRA VIEŢII

Să vedem acum definiţiile pe care le dă vieţii ştiinţa ortodoxă actuală. După Edward O. Wilson - una dintre puţinele autorităţi internaţionale care au reflectat profund asupra ştiinţei în afara propriului domeniu de specialitate, studiul furnicilor -, „reducţionismul este activitatea fundamentală şi esenţială a ştiinţei"[18].

Cea mai mare parte a cunoaşterii pe care am acumulat-o despre natură începând cu prima revoluţie ştiinţifică din Occident o datorăm metodei analitice care constă în descompunerea lucrurilor în părţile componente şi studierea lor. În absenţa ei, nu am şti că paginile acestei cărţi sunt alcătuite în principal din celuloză, care e un polimer liniar de molecule ce au la bază atomi de carbon, oxigen şi hidrogen, fiecare dintre aceştia fiind constituit dintr-un nucleu cu sarcină pozitivă în jurul căruia orbitează la distanţe relativ mari nori de electroni încărcaţi negativ, în timp ce mişcarea electronilor liberi

produce electricitate şi câmpuri magnetice.

Succesul spectaculos pe care l-a cunoscut reducţionismul în fizica secolului al XlX-lea şi a începutului de secol XX s-a repetat în biologie, în 1953, când James Watson şi Francis Crick au arătat cum structura dublu-elicoidală a moleculei de ADN (acidul dezoxiribonucleic) explică ereditatea.

Pg.244

Totuşi, reducţionismul nu poate explica viaţa, tot aşa cum descompunerea unei piese de Shakespeare în cuvinte şi apoi în literele alfabetului nu poate explica personajele, emoţiile şi dramatismul piesei respective.

Putem să cădem de acord că o fiinţă omenească este vie. Mai putem să acceptăm că fiecare dintre miliardele de celule ce o alcătuiesc este vie. Dar dacă examinăm componentele fiecărei celule, oare fiecare cromozom şi fiecare proteină sunt vii? Este clar că nu, lucru valabil şi pentru fiecare atom ce alcătuieşte fiecare proteină.

Eşecul reducţionismului[120] în a explica viaţa i-a făcut pe cercetători să apeleze la ideea de emergenţă formulată de filozoful englez John Stuart Mill în 1843 şi apoi dezvoltată în sute de versiuni. În forma sa cea mai simplă, acest concept spune că întregul este mai mult decât suma părţilor sale, aşa cum imaginea unui puzzle este evidentă doar atunci când elementele sale componente sunt organizate într-un anume fel.

Următoarea definiţie, incluzând trei mari categorii largi relevante pentru întrebările prezentei investigaţii, propune înţelesul pe care îl dau eu acestui concept (alţii folosesc aceleaşi cuvinte pentru a defini şi a clasifica altfel).

> **emergenţă** Apariţia uneia sau mai multor proprietăţi noi ale unui întreg complex pe care nici una dintre părţile sale componente nu le posedă.
>
> *„Emergenţa slabă“* se petrece atunci când proprietăţile noi ce apar la nivel superior, se explică numai prin interacţiunea părţilor componente.
>
> *„Emergenţa tare“* se petrece atunci când proprietăţile noi ce apar la nivel superior nu pot fi nici reduse şi nici anticipate prin interacţiunea părţilor componente.
>
> *„Emergenţa sistemelor“* se petrece atunci când proprietăţile noi ce apar la nivel superior interacţionează în mod cauzal cu proprietăţi de nivel inferior; această cauzalitate descendentă şi totodată ascendentă este adesea parte a unei abordări sistemice care, spre deosebire de abordarea reducţionistă, priveşte fiecare componentă ca pe o parte interdependentă a întregului.

Francis Crick, reducţionist declarat, a admis că invocarea emergenţei ar putea fi necesară, dar a afirmat că emergenţa slabă e

suficientă pentru explicarea vieţii:

> Cu toate că întregul s-ar putea să nu fie simpla sumă a părţilor, comportamentul său poate să fie înţeles, cel puţin în principiu, pornind de la natura şi comportamentul părţilor sale componente, alături de cunoaşterea felului în care interacţionează aceste părţi.[19]

Paul Davies, fizician teoretician şi cosmolog care conduce acum Centrul pentru Concepte Fundamentale în Ştiinţă de la Universitatea de Stat din Arizona, aplică această perspectivă asupra vieţii, afirmând că

> secretul vieţii nu va fi descoperit la nivelul atomilor în sine, ci în tiparul asocierii lor, în felul în care sunt aranjaţi laolaltă [...]. Atomii nu au nevoie să fie „însufleţiţi“ pentru a produce viaţă, ei trebuie pur şi simplu să fie dispuşi într-un mod complex şi adecvat.[20]

Neurobiologul britanic Donald Mackey contestase însă emergenţa slabă în acest context dând exemplul unui panou publicitar (de genul celor din Times Square, New York) alcătuit din becuri colorate ce se aprind şi se sting în mod programat pentru a forma mesajul: „Viaţa e mai frumoasă dacă bei Coca-Cola“. Un inginer electrician poate să reducă sistemul la părţile sale componente şi să explice cum şi de ce se declanşează fiecare bec şi cum sunt coordonate declanşările respective. Dar înţelegerea interacţiunilor dintre diferitele componente electrice nu ajută la înţelegerea şi nici la prezicerea mesajului că viaţa e mai frumoasă dacă bei Coca-Cola. Pentru asta e nevoie de un nivel diferit de explicaţie. Avem de-a face cu un exemplu de emergenţă tare.[21]

Explicaţia pe care Davies o dă vieţii e insuficientă. Miliardele şi miliardele de celule din corpul unui om viu nu sunt pur şi simplu aranjate într-un mod complex şi adecvat; celulele interacţionează între ele şi sunt dependente unele de altele pentru a forma o fiinţă umană vie. Urmând această logică, viaţa e o proprietate emergentă a unui sistem.

O astfel de perspectivă nu ne spune totuşi ce este această proprietate emergentă. Mai precis, care sunt caracteristicile prin care această proprietate emergentă pe care o numim viaţă se diferenţiază de ceea ce nu e viu.

CARACTERISTICI ATRIBUITE VIEŢII

Deşi pare ceva cât se poate de evident, oamenii de ştiinţă sau filozofii nu cad de acord asupra anumitor caracteristici ale vieţii. Cei mai mulţi oferă o listă. Una sau mai multe dintre următoarele caracteristici apar în majoritatea acestor liste, în timp ce numărul de

caracteristici enumerate de fiecare autor variază considerabil.

Pg.246

a. Reproducere
b. Evoluţie
c. Sensibilitate (reacţie la stimuli)
d. Metabolism
e. Organizare
f. Complexitate

Aceste cuvinte pot însemna lucruri diferite pentru persoane diferite, iar dacă vrem să clarificăm care dintre aceste caracteristici sunt necesare sau suficiente pentru definirea vieţii este important să clarificăm la ce se referă fiecare dintre ele.

Reproducerea

Reproducerea este prezentă în cele mai multe liste. Însă nu este o condiţie suficientă. Dacă scapi un cristal de sare într-o soluţie salină saturată, cristalul se va reproduce; apare un cristal mult mai mare, care reproduce precis structura cristalului originar.

Reproducerea nu este o condiţie necesară. Catârii nu se reproduc, nici furnicile lucrătoare şi nici multe varietăţi de plante de grădină - şi totuşi aceste organisme sunt vii.

Rezultă că reproducerea nu este o caracteristică nici suficientă, nici necesară a vieţii.

Evoluţia

Şi evoluţia apare în multe liste, dar termenul în sine este prea vag pentru a fi folositor. Un ţărm evoluează în timp ca răspuns la acţiunea mării, vântului şi ploii asupra sa, dar nimeni nu-l consideră viu. Din această cauză, unii preferă termenul de „adaptare". Dar şi despre ţărm se poate spune că se adaptează la schimbările din mediul înconjurător.

Programul de Exobiologie al NASA este mai precis şi defineşte viaţa drept „*un sistem chimic autosuficient capabil să sufere o evoluţie darwiniană*“.[22] Totuşi, multe specii, cum ar fi cianobacteriile, coelacanţii şi unele specii de crocodil, au existat timp de cel puţin câteva sute de milioane de ani fără a suferi nici o modificare a caracteristicilor fizice. Dacă o sondă spaţială NASA ar observa Pământul, cât de mult ar trebui să aştepte înainte de a stabili dacă crocodilii sunt sau nu supuşi evoluţiei darwiniene? Din moment ce membrii speciilor aflate în stază evolutivă sunt vii, evoluţia prin selecţie naturală nu este o caracteristică nici necesară şi nici suficientă a vieţii.

Reacţia la stimuli

Un fotometru răspunde la licărirea luminii prin înregistrarea modificărilor numărului de lumeni. Tot aşa se comportă nenumărate alte tipuri de detectori. Deci sensibilitatea nu este o caracteristică suficientă a vieţii.

Pg.247

O persoană aflată în comă profundă sau un animal în stare de hibernare poate să nu răspundă la stimuli, astfel încât sensibilitatea nu e o caracteristică necesară.

Metabolismul

Cele mai multe definiţii ale metabolismului spun că este constituit din procesele biochimice ce au loc în interiorul unui organism viu. Dacă e nevoie de un organism viu pentru definirea metabolismului, a spune că metabolismul e o caracteristică a vieţii este un argument circular.

Dacă procesele ar putea fi deduse pornind de la organismele vii, atunci e posibil ca astfel de procese să fie caracteristice vieţii (şi voi lua în discuţie unele încercări de acest fel mai târziu, atunci când voi analiza unele definiţii importante), dar metabolismul în sine e lipsit de sens dacă-l privim drept caracteristică a vieţii.

Organizarea

Deşi apare în multe liste, organizarea e un termen prea general pentru a fi folositor. Poate fi vorba despre dispunerea statică a părţilor unui întreg, de exemplu ionii dintr-un cristal, sau despre coordonarea activă a elementelor separate într-un tot sistemic, precum gestionarea diviziilor şi a personalului Ford. Nici cristalul şi nici compania Ford nu sunt în general considerate lucruri vii, astfel încât organizarea nu e o caracteristică suficientă a vieţii.

S-ar putea argumenta că organizarea e o condiţie necesară vieţii, dar atunci este o condiţie necesară pentru orice altceva în afară de haos. Rezultă că organizarea în sine nu e o condiţie necesară decât într-un sens trivial.

Complexitatea

Complexitatea apare la rândul său în multe liste şi, dacă o folosim pentru a caracteriza viaţa, se confruntă cu aceleaşi probleme ca şi organizarea: un corp mort şi Podul Golden Gate sunt, ambele, complexe, dar nici unul nu e viu. Complexitatea în sine nu e o condiţie suficientă sau necesară decât într-un sens trivial, deoarece este o condiţie a oricărui lucru care nu e absolut simplu.

Dacă nici una dintre aceste caracteristici nu e nici necesară şi nici

suficientă în sine, am putea oare defini viaţa combinând două sau mai multe dintre ele? Davies spune că „cele două trăsături ce caracterizează sistemele vii sunt complexitatea şi organizarea"[23]. Doar că nu am făcut nici un progres: compania Ford e caracterizată prin organizare şi complexitate.

Şase pagini mai jos, Davies spune că

> [Metabolismul] presupune prezenţa unui flux de energie în organism. Acest flux este impulsionat de caracterul ordonat, sau entropia negativă, al energiei consumate. Ingredientul crucial pentru menţinerea vieţii este deci entropia negativă.[24]

Pg.248

Din câte îmi dau seama, Davies a vrut să spună, urmându-l pe Prigogine[121], că un flux de energie ce străbate un sistem viu îi menţine acestuia structura complexă într-o stare dinamică dar stabilă, departe de echilibrul termodinamic şi în opoziţie cu principiul creşterii entropiei[122], iar această trăsătură antientropică este o caracteristică a vieţii. Ea este şi o caracteristică a unora dintre sistemele lipsite de viaţă, de exemplu vârtejurile în fluide[123]. În plus, entropia este o măsură a gradului de dezordine dintr-un sistem izolat; un corp viu este un sistem deschis prin care circulă energie.

DEFINIŢII ALE VIEŢII

În 2004, Philip Ball, la acea vreme consultant editorial al revistei Nature, spunea că întregul efort de a defini viaţa este lipsit de sens şi o pierdere de timp atât pentru filozofi, cât şi pentru oamenii de ştiinţă. Argumentând că nu există graniţe între ce e şi ce nu e viu, Ball citează cazul viruşilor. Aceştia se reproduc, evoluează şi sunt organizaţi şi complecşi (comparativ cu un aminoacid, de exemplu), dar sunt paraziţi. În afara unei celule vii, virusul este inactiv; el devine activ numai în interiorul unei celule-gazdă adecvate, punând stăpânire pe mecanismul ei metabolic pentru a se reproduce sub forma unor noi particule virale care apoi pot infecta alte celule.

Întrucât activitatea lor depinde de existenţa unei celule gazdă, viruşii nu pot fi consideraţi primele forme de viaţă care au apărut pe Pământ şi, în plus, nici măcar nu sunt forme de viaţă independente. Contrar opiniei lui Ball, potrivit căreia „nimeni nu ştie dacă putem sau nu să considerăm viruşii fiinţe vii“[25], cele mai multe surse îi definesc drept particule active sau inactive, iar nu vii sau moarte.[26]

Ball observă de asemenea că în august 2002 Eckard Wimmer şi colegii săi de la Universitatea de Stat din New York au căutat pe Internet structura chimică a genomului virusului polio, au comandat segmente de material genetic de la companii care sintetizează ADN şi apoi le-au legat unele de altele ca să facă un genom complet. Atunci

când au amestecat totul cu enzime adecvate, acest ADN sintetic a furnizat sămânţa pornind de la care se pot dezvolta particulele de virus polio. Ball nu are nici o îndoială că biologii vor fi în curând capabili să fabrice lucruri de genul celulelor, care sunt considerate în general vii, întărindu-şi astfel opinia că definirea vieţii nu are sens.

Pg.249

Deşi faptul de a bifa mecanic într-o listă tot felul de caracteristici mai mult sau mai puţin vagi nu e foarte productiv, nu trebuie să se înţeleagă că nu există diferenţe între ce e viu şi ce nu e viu. Există câteva încercări promiţătoare de definire a vieţii în termenii unui sistem care interacţionează în moduri specifice cu mediul său înconjurător, iar în continuare le voi examina pe cele care sunt, în opinia mea, cele mai relevante. (Interesant este că una dintre ele e propusă de un fizician teoretician, alta de un fost fizician teoretician şi alta de un biolog a cărui conjectură porneşte de la fizica teoretică. Activitatea majorităţii biologilor de astăzi care lucrează în departamente universitare ce ţin de „ştiinţele vieţii“ este centrată pe domenii înguste din cadrul unor subspecializări înguste ale biologiei, precum studiul vectorilor retrovirali din cadrul biologiei moleculare, şi manifestă puţin interes pentru fenomenul ce le defineşte domeniul de activitate.)

Smolin şi sistemul auto-organizat

Fizicianul teoretician Lee Smolin porneşte de la ideile sistemelor complexe auto-organizate formulate de Ilya Prigogine, John Holland, Harold Morowitz, Per Bak şi Stuart Kauffman pentru a construi ceea ce el numeşte o teorie în curs de dezvoltare menită să definească viaţa. (În capitolul următor, voi discuta unele dintre aceste idei subiacente, din moment ce pretind că explică apariţia vieţii).

Plecând de la toate acestea, Smolin a ajuns la concluzia că viaţa este:

1. un sistem autoorganizat aflat în stare de nonechilibru
2. ale cărui procese sunt guvernate de un program stocat simbolic în structurile ADN şi ARN (acid nucleic asemănător ADN-ului, dar care formează de regulă o singură catenă de nucleotide[i]) şi
3. care se poate reproduce pe sine, împreună cu programul care îl guvernează.[27]

Totuşi, numai organismele unicelulare se reproduc singure. Un animal, de exemplu, nu se reproduce pe sine cu tot cu programul său ADN; sexul cu un partener produce urmaşi care diferă de fiecare dintre părinţi şi care au un program ADN diferit. Şi, aşa cum am spus mai devreme, există unele specii, precum catârii şi furnicile lucrătoare, care nu pot avea urmaşi, dar îndeplinesc primele două

criterii. Prin urmare, această explicaţie rămâne incompletă.

Fritjof Capra şi reţeaua vieţii

După ce a respins reducţionismul ca metodă de explicare a vieţii, fizicianul teoretician Fritjof Capra a încercat să realizeze o sinteză a teoriei sistemelor construită pornind de la ideile pe

care fizicianul, filozoful, economistul şi revoluţionarul rus Aleksandr Bogdanov le-a formulat înainte de Primul Război Mondial (deşi Occidentul a aflat de ele mult mai târziu), de la ideea auto-organizării propusă de Smolin, de la tiparele cibernetice de cauzalitate circulară care stau la baza conceptului de retroacţiune şi de la matematica complexităţii, pentru a propune o „teorie emergentă" (mai bine zis o ipoteză în curs de dezvoltare) a vieţii. Studiile chilienilor Humberto Maturana şi Francisco Varela, specialişti în neuroştiinţe, au exercitat o influenţă majoră asupra gândirii lui Capra.[28]

Capra susţine că sistemele vii sunt definite de trei criterii total interdependente: tiparul de organizare, structura şi procesul vital.

Tiparul de organizare

Tiparul de organizare este configuraţia relaţiilor care determină caracteristicile esenţiale ale sistemului. Pentru un lucru viu, tiparul este *autopoieza.* Etimologic, acest termen înseamnă autofabricare sau autoproducere, dar Capra foloseşte definiţia dată de Maturana şi Varela în 1973, conform căreia autopoieza este „tiparul de reţea în care funcţia fiecărei componente e aceea de a contribui la producerea şi transformarea altor componente, păstrând totodată circularitatea globală a reţelei"[29]. Cred că e vorba despre o reţea închisă de procese ce se menţine pe sine continuu.

Structura

Structura este forma fizică a tiparului de organizare al unui sistem. În cazul unei fiinţe vii, este vorba despre o structură disipativă, aşa cum a fost definită de Prigogine, adică un sistem menţinut într-o stare stabilă, departe de echilibrul termodinamic, prin fluxul energiei. Deşi la nivelul organizării este închisă, reţeaua autopoietică rămâne deschisă la nivel structural, având în vedere că materia şi energia circulă permanent prin ea.

Procesul vieţii

Procesul vieţii este activitatea implicată în organizarea continuă a unui tipar autopoietic într-o structură disipativă; este cogniţia, aşa cum a fost definită în anii ’70 de antropologul, lingvistul şi

cibernetician Gregory Bateson, iar apoi mai detaliat de Maturana şi Varela, drept procesul cunoaşterii.

Autopoieza şi cogniţia sunt deci două aspecte diferite ale aceluiaşi fenomen al vieţii; toate sistemele vii sunt sisteme cognitive, iar cogniţia presupune întotdeauna existenţa unei reţele autopoietice.

Capra susţine că autopoieza este caracteristica definitorie a vieţii. Există însă o problemă, deoarece Maturana şi Varela folosesc jargonul teoriilor sistemelor generale şi modele matematice pentru a produce o descriere abstractă şi

generalizată a ceea ce ei consideră că este cel mai simplu sistem viu: celula. Deşi consider că e important să fie evitate caracteristicile atât de specifice încât produc raţionamente circulare (precum „metabolismul"), Maturana şi Varela folosesc autopoieza într-un mod atât de abstract încât definesc trăsătura invariantă a unui sistem viu fără să se raporteze la lucruri precum funcţia sau scopul. În opinia lor, comportamentul unui sistem îi este atribuit acestuia de cineva care-l observă interacţionând cu mediul său înconjurător, nu este o caracteristică în sine a sistemului.

Totuşi, dacă sistemul interacţionează concret şi invariabil cu mediul său înconjurător, atunci avem de-a face cu o caracteristică a sistemului. Potrivit descrierilor lui Maturana şi Varela, o interacţiune invariabilă a unui sistem autopoietic cu mediul său înconjurător are scopul de a repara şi a menţine sistemul. Fără acest scop, forma de viaţă moare.

Evitarea scopului

Evitarea atribuirii unui scop fiinţelor vii este larg răspândită în rândul oamenilor de ştiinţă; scopul apare foarte rar sau aproape deloc în lista lor de caracteristici. Unii cercetători par să confunde teologia cu teleologia - explicarea evenimentelor în termeni de scop - şi se tem să nu fie acuzaţi că sugerează existenţa unui creator divin. Dar scopul nu are nici o legătură cu aşa ceva. Alţii sunt reţinuţi cu privire la acest termen, deoarece scopul implică de regulă intenţia. Acţiunile animalelor sunt într-adevăr intenţionale: de exemplu, dumneavoastră întoarceţi paginile acestei cărţi pentru a citi conţinutul sau un uliu se năpusteşte din înaltul cerului ca să prindă un şoarece. Totuşi, acţiunile formelor de viaţă mai primitive - o plantă care-şi întinde frunzele în lumina soarelui pentru a genera energie prin fotosinteză sau o bacterie care înoată către o sursă de hrană - sunt considerate de obicei reacţii la stimuli, instinctive sau determinate intern, iar nu acte intenţionale. Prin urmare, ar fi mai indicat să folosim expresia „acţiune determinată intern“ ca însuşire a tuturor formelor de viaţă; nu există nici o lege fizică sau chimică care să spună că omul, uliul, bacteria sau planta

trebuie să acţioneze într-un anumit fel şi nu există nici un obiect lipsit de viaţă, precum apa sau piatra, care să întreprindă vreo acţiune determinată intern.

McFadden şi viaţa cuantică

Johnjoe McFadden, profesor de genetică moleculară la Universitatea Surrey, Anglia, este unul dintre cercetătorii care nu ocolesc o astfel de caracteristică. El consideră că viaţa e capacitatea de a desfăşura acţiuni directe împotriva forţelor exterioare dominante.

Unul dintre exemplele pe care le oferă în sprijinul acestei afirmaţii este cel al somonului care înoată împotriva curentului apelor unui râu - neînsufleţit, aflat sub imperiul forţei gravitaţiei. Somonul se comportă astfel fiindcă urmăreşte să ajungă cât mai în amonte pentru a se reproduce.

Pg.252

Viaţa, spune McFadden, sfidează determinismul, principiu aflat în centrul mecanicii newtoniene, care spune că starea prezentă sau viitoare a oricărui sistem e determinată numai de trecut: dacă cunoşti configuraţia precisă a unui sistem şi îi aplici legile fizicii şi chimiei, îi poţi calcula în principiu comportamentul viitor. Nu putem explica viaţa numai prin intermediul ştiinţei clasice, care nu ne poate spune în ce fel fiinţele vii sunt capabile să-şi orienteze acţiunile în concordanţă cu propria agendă internă, aşa cum face somonul.

Soluţia lui McFadden nu presupune invocarea unui creator divin care ar înzestra fiinţele vii cu scopuri. În opinia sa, fiinţele vii pot acţiona împotriva legilor naturii definite de ştiinţa clasică datorită mişcării particulelor elementare, mişcare guvernată de legile non-deterministe ale teoriei cuantice.[30]

Voi discuta mai în detaliu la această idee în capitolul următor, deoarece McFadden propune o teorie cuantică a apariţiei şi evoluţiei vieţii.

O DEFINIŢIE PROVIZORIE A VIEŢII

Pentru a înţelege cum a apărut viaţa din atomii şi moleculele care alcătuiau Pământul nou format, trebuie să clarificăm ce e viaţa. După cum am văzut, este foarte greu să ajungi la o definiţie rezonabilă, mai ales că nu există unanimitate între oamenii de ştiinţă sau filozofi. Definiţia provizorie pe care o propun aici este următoarea:

> **viaţă** Capacitatea unei entităţi închise de a reacţiona la modificările ce se produc în interiorul său şi în mediul înconjurător, pentru a extrage energie şi materie din acel mediu şi a transforma acea energie şi acea materie într-o activitate determinată intern ce include conservarea propriei existenţe.

O formă de viaţă poate avea capacitatea de a produce descendenţi,

dar aceasta nu e o caracteristică necesară.

CONCLUZII

Definiţia de mai sus respinge argumentul că nu există nici o deosebire între ceea ce este şi ceea ce nu este viu; lucrurile lipsite de viaţă nu sunt în mod obligatoriu închise şi nu posedă funcţiile şi activitatea determinată intern specifice fiinţelor vii. Faptul că graniţa dintre viaţă şi lipsa vieţii nu e foarte clară,

Pg.253

aşa cum se întâmplă în cazul unui virus, nu înseamnă că această graniţă nu există. Tranziţia de la lipsa vieţii la viaţă nu presupune doar o diferenţă de grad, ci şi una de natură. E o diferenţă analogă unei schimbări de fază, tot aşa cum apa în stare gazoasă e calitativ diferită de apa în stare lichidă, şi nu e pur şi simplu apă fierbinte, chiar dacă suprafaţa apei care fierbe nu constituie o graniţă clară.

În capitolul următor voi analiza cum şi când a avut loc această tranziţie.

Pg.254

CAPITOLUL 14
Apariţia vieţii 1: dovezile

> Dacă, deci, s-ar privi situaţiile evoluând natural de la început, [...] s-ar putea ajunge astfel la reflecţia cea mai exactă[124].
>
> Aristotel, secolul al IV-lea î.Hr.

Voi încerca să stabilesc cum a apărut viaţa pe Pământ, examinând dovezile privitoare la cele mai timpurii forme de viaţă de pe această planetă, să lămuresc dacă viaţa a apărut numai o singură dată pe Pământ - caz în care toate formele de viaţă existente sunt descendente ale unui strămoş comun - sau diversele forme de viaţă au apărut în diferite locuri şi perioade şi să identific caracteristicile celor mai vechi forme de viaţă. În capitolul următor voi evalua numeroasele ipoteze propuse pentru a explica cum au apărut astfel de forme de viaţă din materia neînsufleţită.

DOVEZILE DIRECTE

Deşi nu avem o definiţie general acceptată a vieţii, cei mai mulţi oameni de ştiinţă admit că cea mai veche formă de viaţă trebuie să fi fost şi cea mai simplă. Este vorba despre un procariot capabil să-şi susţină existenţa, o celulă care nu are materialul genetic închis în

interiorul unui nucleu. Biologii şi geologii caută dovezi ale existenţei unor astfel de forme de viaţă în două surse: fosilele şi extremofilele, organisme actuale care trăiesc în condiţii extreme considerate asemănătoare cu cele de pe Pământ la începuturile sale.

Fosilele

Fosilele sunt rămăşiţe ale formelor de viaţă mineralizate sau conservate sub altă formă. De obicei se găsesc în rocile sedimentare, dar pot fi conservate şi protejate de descompunere datorită temperaturilor foarte scăzute, desecării sau unui mediu anoxic (lipsit de oxigen).

Cercetătorii care încearcă să găsească cele mai vechi fosile se confruntă cu două probleme. În primul rând, există foarte puţine organisme fosilizate: cele mai multe au fost mâncate - vii sau moarte - de alte organisme sau s-au descompus după moarte. În al doilea rând, puţinele fosile existente se formează

când organismul este acoperit imediat după moarte de sedimente (precum nisipul sau mâlul), care îl comprimă şi îl integrează în rocile sedimentare. Dar primele miliarde de ani de existenţă a Pământului nu au lăsat în urma lor multe roci sedimentare, aproape toate fiind metamorfozate de procese capabile să distrugă orice rămăşiţe fosilizate.

Până în anul 1993, cele mai vechi dovezi cunoscute se găseau în straturi de chert, o rocă sedimentară microcristalină din zona montană Gunflint, aflată în vestul regiunii Ontario din Canada. Între 1953 şi 1965, botanistul Elso Barghoorn, de la Universitatea Harvard, şi geologul Stanley Tyler, de la Universitatea din Wisconsin, au descoperit fosile cu o structură intactă şi o morfologie bine definită provenind de la 12 specii noi, printre care se aflau microorganisme ramificate complexe a căror vechime, determinată prin datarea radiometrică a straturilor de chert, a fost stabilită la aproximativ două miliarde de ani.[1] Dacă aceste structuri complexe au evoluat din forme mai simple de viaţă, atunci viaţa trebuie să fi apărut mai înainte.

Bill Schopf, un paleobiolog de la Universitatea din California, Los Angeles, şi-a propus să găsească aceste forme de viaţă mai timpurii investigând roci sedimentare mult mai vechi din zona Pilbara, situată în vestul Australiei, care, potrivit metodelor foarte precise de datare radiometrică uraniu-plumb, au o vechime de 3,465 miliarde de ani. Aceste roci fuseseră metamorfozate, dar în 1993 Schopf a anunţat că a descoperit 11 microfosile cu structuri diferite ce aparţin mai multor specii de cianobacterii (bacterii albastre-verzui, anterior clasificate drept alge). El şi-a susţinut afirmaţia prin analiza conţinutului în izotopi de carbon al fosilelor. Această tehnică e asemănătoare cu

metoda datării cu radiocarbon descrisă mai înainte[125]. Cel mai comun izotop, carbon-12, este mai reactiv decât carbon-13 şi participă la fotosinteză, proces prin care dioxidul de carbon din atmosferă e transformat în material organic. În consecinţă, raportul dintre carbon-13 şi carbon-12 în carbonul biogenic este cu 3% mai scăzut decât în carbonul anorganic, iar acest raport se păstrează şi după procesele metamorfice care distrug microfosilele. Schopf a afirmat că specimenele sale prezintă acest raport caracteristic.[2]

Anunţul a făcut senzaţie la vremea respectivă. Rezultatele dădeau de înţeles că forme mai simple de viaţă trebuie să fi existat şi mai devreme, adică în era hadeană, când Pământul era bombardat de asteroizi şi alte resturi ale formării planetare.

Şi astfel a început vânătoarea de dovezi. Stephen Mojzsis, doctorand la Institutul Oceanografic Scripps de la Universitatea din California, San Diego, a studiat stâncile Isua din vestul Groenlandei, care fuseseră datate la 3,8 miliarde de ani vechime. Aceste roci au trecut printr-un proces de

metamorfoză mult mai accentuat decât cele din Pilbara. Analizele estimative au sugerat că în decurs de un miliard de ani de sedimentare rocile au fost expuse la temperaturi de 500° C şi la presiuni mai mari de 5.000 de atmosfere ceea ce ar fi distrus orice fosilă. Cu toate astea, Mojzsis şi echipa sa au anunţat în 1996 că au găsit dovezi ale prezenţei vieţii nu numai în aceste roci, dar şi în roci mai vechi cu 50 de milioane de ani, lângă insula Akilia, ceea ce situează cele mai vechi forme de viaţă în urmă cu 3,85 miliarde de ani, în era hadeană.

Urmele de carbon erau alcătuite din globule incredibil de mici - de o bilionime de gram -, însă Mojzsis le-a analizat cu o microsondă ionică şi le-a calculat compoziţia izotopică prin intermediul unui spectrometru de masă cu sectoare magnetice. Toate indicau o reducere a izotopului carbon-13. În plus, echipa a găsit aceste urme de carbon încrustate în granule de apatită; deşi acest mineral este un element constitutiv minor destul de des întâlnit în cazul rocilor, el se găseşte şi în organisme, astfel încât dovezile care sugerau prezenţa vieţii erau şi mai concludente.[3]

Deşi au existat incertitudini cu privire la vârsta rocilor de pe Akilia, timp de şase ani paleobiologii au acceptat dovezile existenţei vieţii în era hadeană.

Totuşi, în 2002, Christopher Fedo, de la Departamentul de Ştiinţe ale Pământului şi Mediului, Universitatea George Washington, şi Martin Whitehouse, de la Laboratorul pentru Geologia Izotopilor din cadrul Muzeului de Istorie Naturală din Suedia, au contestat afirmaţia lui Mojzsis că ar fi găsit carbon în straturile unei roci sedimentare cunoscute sub denumirea de formaţiune feroasă în benzi. După ce au

analizat roca, cei doi au ajuns la concluzia că este formată în urma unei vechi activităţi vulcanice şi că, de aceea, nu ar putea să conţină rămăşiţe organice. Ei sugerau de asemenea că nu poţi să presupui că diminuarea izotopului carbon-13 a fost cauzată numai de activitatea biologică.[4] Mojzsis şi colegii săi au contestat apoi datele lui Fedo şi Whitehouse şi felul în care le-au interpretat.[5]

În acelaşi an, Martin Brasier şi colegii săi de la Universitatea Oxford au anunţat că au examinat în detaliu probele lui Schopf şi că nu e vorba de o morfologie ce are la origine celule şi cu atât mai puţin cianobacterii. Brasier a susţinut că globulele de carbon s-au format probabil prin acţiunea apei clocotite asupra mineralelor din sedimentul înconjurător.[6] Schopf şi-a apărat afirmaţiile, dar a fost subminat de Bonnie Packer, o fostă studentă şi colaboratoare, care a declarat că Schopf alesese să prezinte numai anumite dovezi îi ignorase criticile.[7]

În 2006 şi 2007, echipa condusă de Mojzsis care făcuse cercetări pe insula Akilia a răspuns criticilor, dar opinia generală a specialiştilor interdisciplinari ce lucrează în acest domeniu este aceea că dovezile de până acum nu susţin ipoteza că cele mai vechi forme de viaţă de pe Pământ datează de acum 3,85 miliarde de ani. Datele actuale susţin doar ipoteza că organismele numite extremofile au existat probabil acum 3,5 miliarde de ani, cu aproape un miliard de ani după formarea Pământului.

Pg.257

Extremofilele

Afirmaţia iniţială a lui Mojzsis că a găsit viaţă datând din perioada ce corespunde ultimului mare bombardament suferit de Pământul timpuriu a retrezit interesul pentru studierea extremofilelor. Patru tipuri de extremofile oferă indicii promiţătoare cu privire la organismele care ar fi putut să existe în condiţiile extreme ale acelei perioade: termofilele de suprafaţă, termofilele suboceanice, acidofilele de peşteră şi termofilele subterane.

Termofilele de suprafaţă

Termofilele sunt organisme care trăiesc la temperaturi foarte înalte. În 1967, microbiologul Thomas Brock, de la Universitatea din Wisconsin, a izolat alge şi bacterii din spuma fierbinte de la suprafaţa unui izvor vulcanic din Parcul Naţional Yellowstone, Wyoming, unde apa de ploaie se scurge printre rocile de la suprafaţă şi întâlneşte magma încinsă din interior, care o supraîncălzeşte şi o face să ţâşnească spre exterior împreună cu aburi, formând lagune fierbinţi.

Termofilele suboceanice

Explorând fundul Pacificului într-un clopot pentru scufundări special construit, geologul John Corliss, de la Universitatea de Stat din Oregon, şi geochimistul marin John Edmond, de la Institutul de Tehnologie din Massachusetts, au descoperit în 1979 anemone de mare, midii, scoici gigantice, creveţi în miniatură şi peşti roz serpentiformi cu ochii bulbucaţi care trăiesc în întuneric absolut şi la o presiune imensă în apele relativ reci ce înconjoară zone marine încălzite până la 400° C de magma din fosa tectonică Galapagos, aflată la o adâncime de aproximativ 2,5 km.[8] Pe pereţii încinşi ai coşurilor de lavă solidificată pot trăi specii de bacterii la o temperatură de până la 121° C.[9] În lipsa luminii solare, ele îşi extrag energia pentru supravieţuire din hidrogenul sulfurat.

Acidofilele de peşteră

Acidofilul e un organism care există în condiţii de aciditate crescută. În prima decadă a secolului XXI, Diana Northup, de la Departamentul de Biologie al Universităţii New Mexico, şi Penny Boston, de la Departamentul de Ştiinţe ale Pământului şi Mediului al Institutului de Cercetări Miniere şi Tehnologie din New Mexico, au examinat peştera Cueva de Villa Luz, de lângă Tabasco, Mexic. Aceasta are o atmosferă toxică, cu o concentraţie ridicată de monoxid de carbon şi un puternic miros de hidrogen sulfurat, în timp ce pereţii sunt îmbibaţi cu

acid sulfuric la fel de puternic ca acidul dintr-o baterie. De tavanul peşterii atârnă, ca nişte stalactite, colonii de bacterii mucilaginoase. Dovezile genetice sugerează că aceste bacterii sunt străvechi. Îşi extrag energia din chemosinteza compuşilor sulfurici vulcanici şi din picăturile de acid sulfuric cald.[10]

Deoarece condiţiile din peşteră sunt asemănătoare cu cele care ar fi existat pe Pământul timpuriu, unii microbiologi consideră că aceste bacterii reprezintă cele mai vechi forme de viaţă.

Termofilele subterane

Este discutabil dacă termofilele suboceanice, cele de suprafaţă sau acidofilele de peşteră seamănă cu cele mai vechi forme de viaţă de pe Pământ. Vechimea termofilelor din prima categorie depinde de perioada în care au apărut oceanele adânci pe Pământ. Atât vechimea de 4,3 miliarde de ani estimată de Mojzsis, cât şi cea de 4,35 miliarde estimată de Watson şi Harri- son au fost puse în discuţie126.

James Hall, microbiolog la Universitatea Princeton, consideră că termofilele de suprafaţă şi acidofilele de peşteră nu ar fi putut supravieţui ultimului mare bombardament suferit de Pământul timpuriu şi că reprezintă exemple de viaţă din a doua generaţie. El şi

alţi specialişti din noul domeniu al geomicrobiologiei (bazat pe geologie, geofizică, hidrologie, geochimie, biochimie şi microbiologie) şi-au orientat cercetările spre adâncurile Pământului, unde viaţa ar fi putut fi adăpostită de impact.

Aceşti cercetători îşi obţin dovezile profitând de operaţiunile de explorare petrolieră şi de existenţa puţurilor miniere. Puţurile s-au dovedit a fi o sursă mult mai adâncă şi mai productivă. În 2006, de exemplu, Tullis Onstott, geolog la Universitatea Princeton, a condus o echipă multidisciplinară care a însoţit inginerii geologi ce forau într-o rocă veche de 2,7 miliarde de ani, aflată la o adâncime de 2,825 km în mina de aur Mponeng, situată în West Rand, Africa de Sud. Când burghiul a dat peste fisuri în rocă, la suprafaţă a ieşit apă sărată fierbinte şi urât mirositoare ce conţinea microbi termofili care au murit la contactul cu oxigenul. În loc să-şi obţină energia de la lumina solară, aceşti microbi supravieţuiesc extrăgând energia din compuşi sulfurici şi hidrogen rezultate în urma descompunerii apei prin degradarea radioactivă a uraniului, torului şi potasiului. Metabolismul lor e mult mai lent şi probabil mai puţin eficient decât al microbilor de la suprafaţă. Analiza apei a arătat că stratul respectiv a fost izolat de suprafaţa Pământului mai multe milioane de ani şi că hidrocarburile din mediul înconjurător nu proveneau de la organismele vii, cum se întâmplă de regulă.[11]

Pg.259

Deşi analizele genetice indică faptul că unele dintre extremofilele descoperite la acea adâncime sunt străvechi, nu înseamnă că avem de-a face cu o probă empirică a existenţei unor astfel de forme de viaţă în condiţiile extreme din era hadeană, care începe după formarea Pământului, petrecută în urmă cu 4,5 miliarde de ani, şi se întinde pe o perioadă de 700 de milioane de ani. Este de asemenea posibil ca acestea să fi evoluat din alte forme de viaţă, adaptându-se la un mediu cu temperaturi înalte, aciditate crescută, presiune crescută şi lipsit de lumina solară, care se dezvoltase în apropierea coşurilor magmatice pe măsură ce oceanele s-au adâncit şi către care fuseseră transportate de curenţi de apă.

DOVEZILE INDIRECTE

În absenţa unor dovezi empirice de netăgăduit, îmi voi îndrepta atenţia acum către ipoteze despre cele mai timpurii forme de viaţă de pe Pământ, căutând răspunsuri la întrebarea dacă viaţa aşa cum o cunoaştem acum are o singură origine sau mai multe.

Unii cercetători au sugerat că viaţa ar fi putut să apară în momente diferite şi că respectivele forme de viaţă au fost eliminate din cauza bombardamentului asteroizilor. În lipsa dovezilor, astfel de idei rămân pure speculaţii; în plus, ele nu încearcă să lămurească dacă

respectivele forme de viaţă au avut strămoşi comuni sau diferiţi.

Analizele genetice

Carl Woese, de la Universitatea din Illinois, a descoperit că genele care codifică ARN-ul ribozomilor (unităţile celulare care fabrică proteine) sunt foarte vechi şi există în tot felul de organisme. În 1977, Woese a publicat o analiză genetică a subunităţilor ribozomale de ARN specifice unei game largi de celule şi le-a clasificat potrivit asemănării lor moleculare. Presupunând că diferenţele reprezintă schimbări evolutive, el a susţinut că arborele genetic rezultat descrie liniile lor evolutive într-un mod mai precis decât probele fosile incomplete sau evaluările subiective ale formei şi dimensiunilor organismelor[127].

Figura 14.1 reprezintă o versiune actualizată de specialistul în biologie moleculară Norman Pace a arborelui filogenetic alcătuit de Woese, care grupează toate celulele în trei domenii.

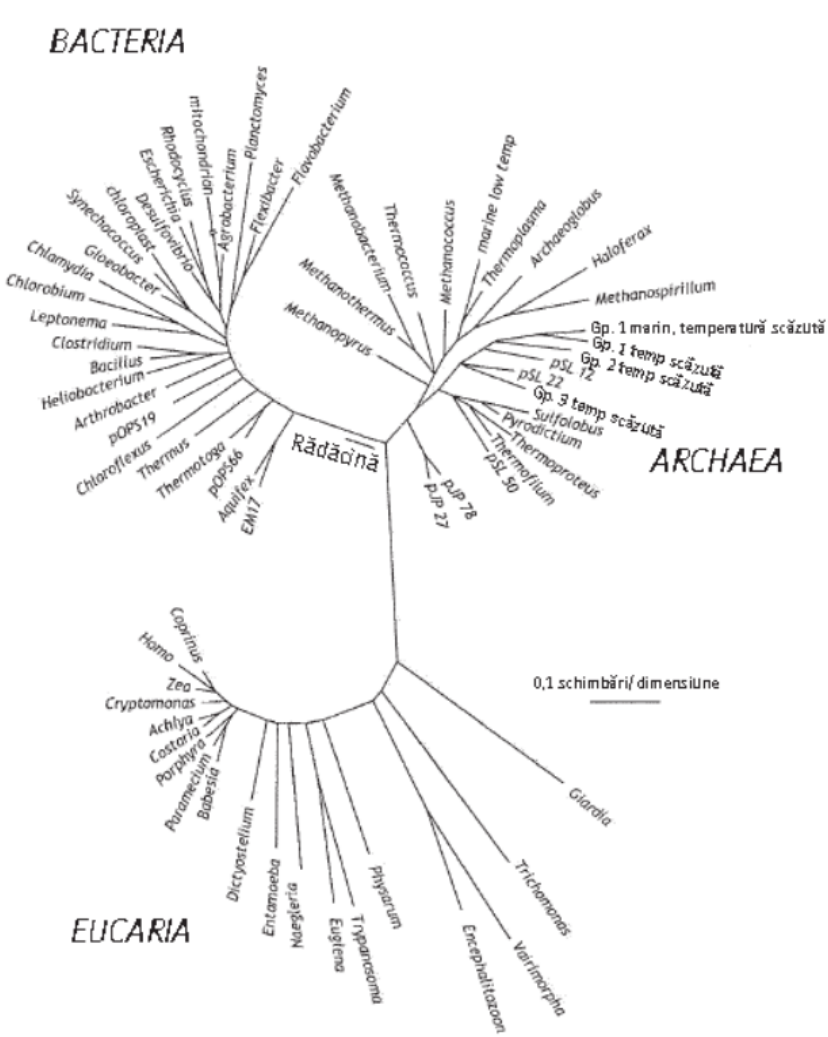


Figura 14.1 Arborele filogenetic universal. Poziţia şi lungimea fiecărei ramuri este determinată prin compararea ARN-ului ribozomal.

Diferiţi autori folosesc nume diferite pentru aceste trei grupe majore de forme de viaţă. Urmând munca inovatoare a lui Woese, numele prezentate în diagramă au fost adaptate pentru diferenţierea clară dintre cele două tipuri de procariote, domeniile Archaea şi Bacteria, şi le voi folosi din motive de coerenţă; totuşi, unii biologi evoluţionişti au revenit în ultima vreme la vechile denumiri - archaebacteria şi eubacteria - în urma analizei genomurilor complete, despre care voi vorbi mai jos.

Pg. 261

Bacteria Organisme unicelulare extrem de mici, a căror informaţie genetică, codificată într-o buclă de ADN dublu catenar, nu este cuprinsă într-un nucleu prevăzut cu membrană (de aici şi denumirea de procariote). În plus faţă de acest

nucleoid, celula mai poate conţine una sau mai multe plasmide, fragmente separate circulare de ADN care se pot replica independent şi nu sunt răspunzătoare de reproducerea organismului. Cele mai multe bacterii se reproduc prin diviziunea în două copii identice şi au diferite forme, inclusiv sfere, bastonaşe, spirale şi virgule.

Archaea Procariote care diferă de bacterii atât în privinţa alcătuirii genetice, cât şi prin compoziţia membranelor şi pereţilor celulari. Ele includ cea mai mare parte a extremofilelor. Deşi sunt structural asemănătoare bacteriilor, ADN-ul lor cromozomial şi structura lor celulară seamănă mai curând cu cea a eucariotelor.

Eucaria Organisme ale căror celule încorporează un nucleu ce conţine informaţia genetică a celulei şi e delimitat de o membrană, la care se adaugă organite, adică structuri separate ce îndeplinesc funcţii specifice. Aceste organisme sunt mai mari şi mult mai complexe structural şi funcţional decât procariotele, cuprinzând organisme unicelulare, precum amiba, şi toate organismele pluricelulare, precum plantele, animalele şi oamenii.

Majoritatea celulelor eucariote se reproduc generând copii identice cu ele. Totuşi, organismele pluricelulare cuprind un tip de celulă eucariotă, numită gamet, care poate fuziona cu un gamet provenit de la un alt organism, pentru a produce un organism fiică ce posedă caracteristici genetice ale fiecărui părinte. Comparativ cu reproducerea asexuată a procariotelor, această reproducere sexuată combină gene parentale diferite în celula fiică.

Strămoş comun universal?

Aproape toate cunoştinţele noastre despre biologie provin din analiza plantelor, a animalelor şi a oamenilor. Cu toate astea, în arborele filogenetic universal reprodus mai sus fungii (reprezentaţi de genul Coprinus), plantele (reprezentate de genul Zea) şi animalele şi oamenii (reprezentaţi de genul Homo) constituie numai trei subramuri mici şi periferice ale uneia dintre cele douăsprezece ramuri distincte din punct de vedere genetic ale eucariotelor (care uneori au şi ele subramuri), separate de ramurile mult mai numeroase ale domeniilor Bacteria şi Archaea.

Numai în jur de o sută de gene sunt comune tuturor organismelor vii cunoscute, dar analizele care permit evaluarea pierderii de gene specifice fiecărei filiaţii sugerează că un ultim strămoş comun universal, indicat prin „Rădăcină" în diagramă, poseda probabil de

zece ori mai multe gene.[12]

Pg.262

Natura acestui strămoş este încă subiect de dispută între biologii evoluţionişti. Woese conchide că:

> Strămoşul nu se poate să fi fost un organism particular [...]. A fost o aglomerare comunitară, fără coeziune şi diversă de celule primitive care au evoluat ca o unitate şi care s-au dezvoltat până la stadiul în care s-au separat în mai multe comunităţi distincte, care la rândul lor au devenit cele trei linii genealogice primare [Bacteria, Archaea şi Eucaria].[13]

De la începutul secolului XXI s-au descoperit importante transferuri genetice orizontale (numite şi transferuri genetice laterale) nu numai între procariotele înrudite, dar şi între procariote care nu sunt strâns înrudite în arborii filogenetici.[14]

În 2009, mai mulţi biologi evoluţionişti au susţinut că nu există un strămoş comun universal; viaţa a apărut sub forma „uneia sau mai multor populaţii ce conţin diferite organisme. În plus, aceste organisme probabil nu au trăit în acelaşi timp“.[15]

În privinţa apariţiei vieţii, ideea de populaţie se confruntă cu următoarea problemă: în condiţiile în care fiecare membru al unei populaţii este un organism, adică o formă de viaţă, aşa cum se înţelege în general şi în conformitate cu definiţia vieţii propusă la pagina 253, nu se poate spune din ce anume sau cum a apărut fiecare membru; dacă fiecare membru nu e o formă independentă de viaţă, atunci ideea de populaţie pur şi simplu întăreşte concluzia din capitolul 13, conform căreia graniţa dintre viaţă şi lipsa vieţii nu e foarte clară; dar şi o graniţă neclară e tot o graniţă.

În 2010, bioinformaticianul Douglas Theobald, de la Universitatea Brandeis, a făcut o comparaţie statistică a diferitelor ipoteze alternative şi a conchis că:

> Testele de selecţie a modelului susţin în foarte mare măsură existenţa unui strămoş universal comun, indiferent de prezenţa transferului orizontal de gene şi de evenimentele ce implică fuziune simbiotică.[16]

Această afirmaţie întăreşte opinia ortodoxă actuală din biologie potrivit căreia viaţa a apărut pe Pământ o singură dată şi există un singur strămoş comun, deşi încă nu există unanimitate în rândul specialiştilor în biologie moleculară cu privire la poziţia pe care acest strămoş comun ar trebui s-o ocupe în arborele genealogic şi cu privire la relaţia lui cu cele trei grupuri majore. Consensul actual, dar nicidecum unanim, este că rădăcina se situează între Archaea şi Bacteria.

Pg.263

Faptul că unele arhee sunt extremofile (trăind în condiţii

asemănătoare cu cele care existau pe Pământ în urmă cu 3,5 miliarde de ani) şi că genomurile lor au o vechime uriaşă ne sugerează că cea mai veche formă de viaţă se poate să fi fost un archaeon sau un strămoş al unui archaeon. Tom Cavalier-Smith, specialist în taxonomie de la Universitatea Oxford, se opune vehement acestei opinii, susţinând că mecanismul celular al grupului Archaea arată că acestea sunt descendente îndepărtate ale bacteriilor.[17] Dovezile nu sunt concludente şi nu cred că vom avea vreodată astfel de dovezi.

DIMENSIUNEA, COMPLEXITATEA, STRUCTURA ŞI FUNCŢIONAREA CELEI MAI SIMPLE CELULE

Pentru a evalua ideile referitoare la apariţia vieţii pe Pământ, trebuie să înţelegem diferenţa dintre dimensiunea, complexitatea, structura şi funcţionarea moleculelor care au evoluat la suprafaţa Pământului timpuriu (sau pe asteroizii şi cometele care le-au depozitat pe suprafaţa Pământului în timpul bombardamentului) şi dimensiunea, complexitatea, structura şi funcţionarea celei mai simple forme de viaţă independentă pe care o cunoaştem: procariotul unicelular.

Dimensiunea

Cele mai multe procariote au o lungime ce variază între o miime şi o sutime de milimetru şi sunt de diferite forme, inclusiv sfere, bastonaşe, spirale şi virgule.

Componentele şi structura

Figura 14.2 prezintă componentele şi structura unei bacterii simple, care seamănă cu cele ale unei arhee (nu e nevoie să ne preocupăm aici de diferenţele biochimice şi stereochimice dintre ele).

Dacă examinăm părţile acestei celule şi felul în care interacţionează între ele, putem observa că esenţa funcţionării unei forme de viaţă atât de simple este propriul ADN.

ADN-UL

ADN Acidul dezoxiribonucleic, localizat în celule, conţine informaţia genetică folosită pentru supravieţuirea şi reproducerea tuturor organismelor independente cunoscute şi a unor viruşi.

Fiecare moleculă de ADN e alcătuită de obicei din două catene lungi cu patru nucleotide dispuse într-o ordine strict determinată; catenele sunt răsucite într-o formă dublu-elicoidală şi sunt legate între ele prin punţi de hidrogen aflate între bazele complementare adenină (A) şi timină (T) sau citozină (C) şi guanină (G), astfel încât structura

seamănă cu o scară răsucită.
Pg.264

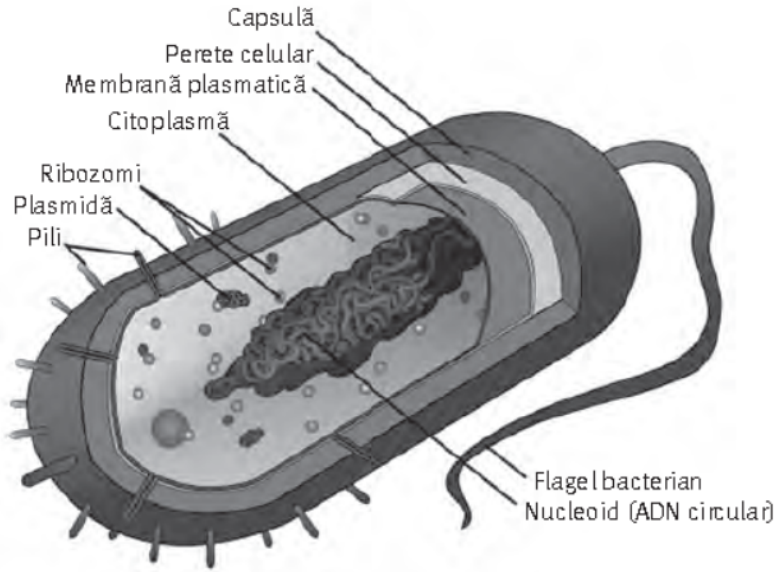


Figura 14.2 Structura unei bacterii.

Când ADN-ul este copiat într-o celulă, cele două catene se separă şi fiecare dintre ele are rol de matriţă pentru asamblarea unei noi catene complementare pornind de la molecule aflate în celulă.

Catenele ADN servesc de asemenea ca matriţă pentru sinteza proteinelor din celulă printr-un mecanism ce foloseşte un alt acid nucleic, ARN-ul, ca intermediar.

ARN Acidul ribonucleic seamănă cu ADN-ul fiindcă e alcătuit dintr-o catenă cu patru nucleotide dispuse într-o ordine strict determinată, dar în acest caz timina (T) e înlocuită de uracil (U), care, alături de adenină (A), citozină (C) şi guanină (G), formează bazele nucleotidelor; structura sa este monocatenară, cu excepţia unor viruşi.

genă Unitatea fundamentală a eredităţii, alcătuită în mod normal din segmente de ADN (la unii viruşi genele sunt alcătuite din segmente de ARN, nu de ADN); secvenţa bazelor din fiecare genă determină caracteristicile eredităţii individuale, de obicei prin codificarea sintezei de proteine. Segmentele sunt de obicei separate, astfel încât unele părţi se află în zone mai îndepărtate ale cromozomului şi se întrepătrund cu alte gene.
Pg.265

cromozom Structura care conţine informaţia genetică a celulei. Într-o celulă eucariotă, cromozomul e reprezentat de o structură filiformă de ADN dublu catenar înfăşurată în jurul unui

miez proteic din interiorul nucleului celular; pe lângă acest cromozom nuclear, celula mai poate conţine alţi cromozomi mai mici, prezenţi, de exemplu, în mitocondrii. În cazul unei celule procariote cromozomul e reprezentat de o singură buclă strânsă de ADN. Celula mai poate conţine una sau mai multe formaţiuni circulare mici de ADN, numite plasmide.

În cazul celei mai simple arhee sau bacterii, cromozomul arată ca o buclă unică de ADN dublu catenar pliată pentru a încăpea în celulă, după cum se vede în figura 14.2.

Fizicianul, chimistul şi filozoful Michael Polanyi sublinia că, în timp ce capacitatea ADN-ului de a împerechea bazele (A-T şi C-G) este determinată în totalitate de legi chimice, nu acelaşi lucru se poate spune şi despre secvenţa bazelor de ADN. ADN-ul este capabil să formeze orice succesiune imaginabilă de baze, oricât de lungă şi cu orice compoziţie.

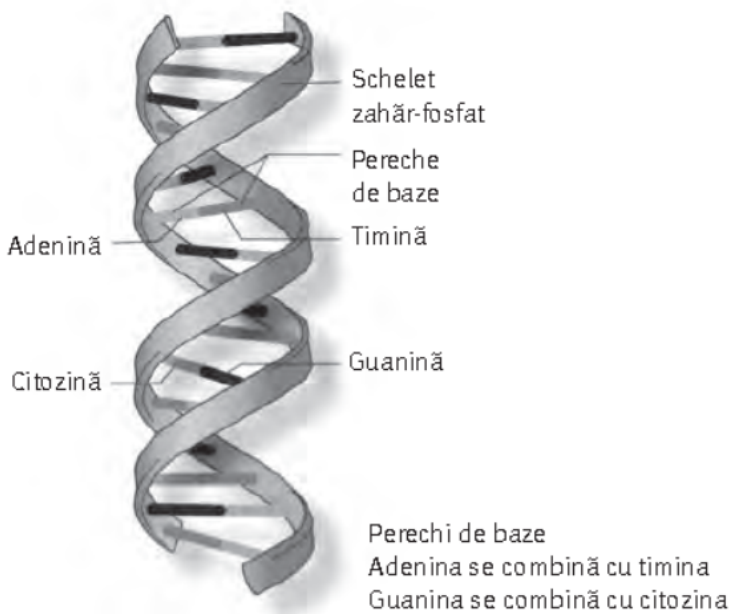


Figura 143 Reprezentarea schematică a structurii ADN-ului. Fiecare moleculă de ADN e alcătuită din două catene lungi care se înfăşoară una în jurul celeilalte pentru a forma o structură dublu-elicoidală. Fiecare catenă are un schelet format dintr-o alternanţă de molecule de zahar (dezoxiriboză) şi grupări de fosfaţi. Fiecărui zahar îi este ataşată una din cele patru baze: adenina, citozina, guanina şi timina. Cele două catene sunt ţinute laolaltă prin punţi de hidrogen formate între baze complementare, adenina formând o pereche de baze cu timina, iar citozina formând o pereche de baze cu guanina, astfel încât structura seamănă cu o scară răsucită.

Informaţia care determină cum funcţionează celula, cum se repară şi se reproduce este conţinută într-o secvenţă particulară, iar aceasta e ireductibilă: nu poate fi dedusă din cunoaşterea părţilor sale constitutive, a modului în care acestea interacţionează sau a legilor fizice şi chimice.[18]

Ipoteticul strămoş comun avea probabil între 800 şi 1.000 de gene. Bacteria *Mycoplasma genitalium* are în jur de 470 de gene alcătuite din aproximativ 580.000 de perechi de baze ADN. Totuşi, această bacterie este un parazit care depinde de alte celule care-i asigură majoritatea proceselor biosintetice. Este aşadar rezonabil să presupunem că, pentru a putea funcţiona independent, acest strămoş comun trebuie să fi avut cel puţin 600.000 de perechi de baze ADN. Din moment ce fiecare bază face parte dintr-o nucleotidă alcătuită din bază, zahar şi una sau mai multe grupări de fosfaţi, adică un total de 30 de atomi, rezultă că propriul său cromozom e alcătuit din cel puţin 36 de milioane de atomi dispuşi într-o structură foarte specifică şi complexă care se modifică odată cu funcţionarea celulei.

Ribozomul

Celula fabrică proteine pentru repararea şi întreţinerea proprie printr-o catenă de ADN ce funcţionează ca o matriţă pentru alcătuirea ARN-ului mesager din moleculele celulei. ARN-ul mesager transportă apoi informaţia genetică provenită de la ADN şi codificată în secvenţa sa de baze către un ribozom.

ribozom Particulă rotundă compusă din ARN şi proteine, aflată în citoplasma celulelor. Serveşte ca loc de asamblare a proteinelor prin traducerea codului genetic liniar deţinut de ARN-ul mesager într-o secvenţă liniară de aminoacizi.

proteină O moleculă alcătuită dintr-o catenă ce cuprinde de la 50 până la câteva mii de aminoacizi care asigură structura şi controlează reacţiile tuturor celulelor. Proteina este caracterizată de o secvenţă formată din până la 20 de tipuri diferite de aminoacizi care alcătuiesc catena plus configuraţia tridimensională a catenei respective.

Cele mai simple arhee sintetizează proteine ce cuprind de la 50 până la 300 de aminoacizi.

aminoacid O moleculă alcătuită dintr-un atom de carbon legat de o grupare amino (-NH2), o grupare carboxil (-COOH), un atom de hidrogen şi o a patra grupare care diferă de la un aminoacid la altul şi care este adesea numită grupare -R sau catenă laterală. Gruparea -R, care poate varia foarte mult, este răspunzătoare de variaţia proprietăţilor chimice ale moleculei.

Aminoacizii există de obicei sub două forme sau izomeri optici, în care poziţia grupării -R şi cea a grupării carboxil sunt inversate. Acest fenomen e numit chiralitate, iar una dintre forme este numită dextro sau D (de la cuvântul latin dexter, dreapta), pe când cealaltă este numită levo sau L (de la cuvântul latin laevus, stânga). Aproape toţi aminoacizii din celule au forma L.

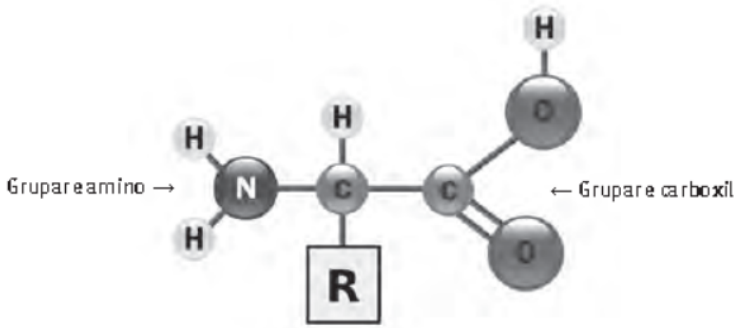


Figura 14.4 Structura unui aminoacid. Gruparea carboxil a unui aminoacid se poate combina chimic cu gruparea amino a altui aminoacid prin eliberarea unei molecule de apă pentru a forma ceea ce se numeşte o legătură peptidică.

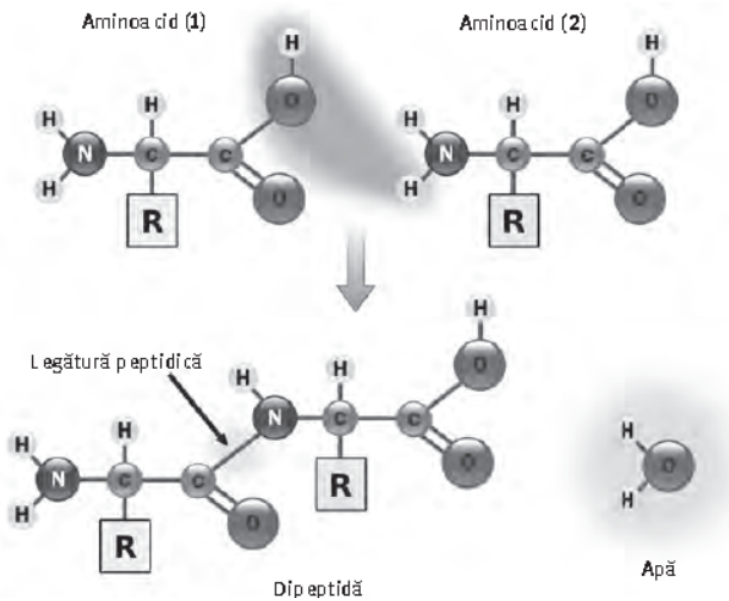


Figura 14.5 Unirea chimică a doi aminoacizi prin intermediul unei legături peptidice.

Pg.268

peptidă Un lanţ de doi sau mai mulţi aminoacizi formaţi prin unirea chimică a grupării carboxil a unui aminoacid cu

gruparea amino a altui aminoacid.

În celule, această reacţie nu se produce în mod direct, ci prin mijlocirea unei secvenţe de reacţii chimice intermediare asistată de enzime.

enzimă Catalizator biologic sau element chimic care accelerează reacţia chimică fără a fi consumat în cursul reacţiei respective. Astfel de catalizatori sunt esenţiali pentru funcţionarea unui organism deoarece fac posibile procese care, altminteri, s-ar petrece mult prea lent, fără adaos de energie (măsurată prin creşterea temperaturii) necesară pentru activarea reacţiei, putând să deterioreze sau să distrugă organismul.

Aproape fiecare enzimă este o proteină alcătuită dintr-o catenă ce cuprinde între 62 şi 2.500 de aminoacizi, fiecare având o structură tridimensională specifică ce permite catalizarea anumitor reacţii biochimice.

De regulă, o catenă ce conţine aproximativ 50 de aminoacizi este numită proteină, deşi diferenţa dintre polipeptide şi proteine este arbitrară. Toate proteinele sunt formate din combinaţii a numai 20 de aminoacizi din cei aproximativ 500 de aminoacizi cunoscuţi.

Citoplasmă

Toate aceste activităţi se desfăşoară în citoplasma unei celule.

citoplasmă Tot ce se situează în afara nucleului celular şi este cuprins de membrana celulară. Citoplasma e alcătuită dintr-un fluid gelatinos, cu o bază apoasă, numit citozol, care conţine săruri, molecule organice şi enzime şi în care plutesc organitele celulare, mecanismul metabolic al celulei.

Procariotul nu are un nucleu celular, iar principalele sale organite sunt ADN-ul şi ribozomii.

Plasmida

Plasmida (ilustrată în figura 14.2) e o moleculă circulară de ADN care se reproduce în interiorul celulei, independent de ADN-ul cromozomial. Plasmidele sunt întâlnite la multe procariote, au funcţii diferite, dar nu sunt esenţiale pentru creşterea celulei.

Peretele celular

Cea mai simplă celulă este înconjurată - adică citoplasma ei este separată de mediul înconjurător - de trei straturi. *Capsula celulară* este stratul exterior protector. Sub capsulă se află peretele celular semirigid care stabilizează *membrana plasmatică* (numită şi membrană celulară) care înconjoară cito- plasma.

Aceste straturi sunt semipermeabile, pentru a permite schimbul de apă şi gaze şi totodată pentru a controla schimbul pe care anumite molecule îl au cu mediul înconjurător pentru ca celula să se poată repara şi menţine, protejând-o în acelaşi timp de substanţele chimice distructive. Straturile peretelui celular sunt alcătuite dintr-o varietate de molecule care includ invariabil proteine; acestea din urmă reprezintă o mare parte din structura celulei şi, aşa cum am văzut, sunt fabricate printr-un proces complex care începe cu ADN-ul.

Părţile externe

Figura 14.2 ilustrează două lucruri aflate în afara peretelui celular. Pilii sunt apendice asemănătoare unui fir de păr care conectează o celulă cu alta din aceeaşi specie sau cu o celulă dintr-o specie diferită. Un pil constituie o punte între citoplasmele celulelor conectate; aceasta permite transferul de plasmide între celule, care poate să adauge noi funcţii celulelor.

Flagelul e o coadă mobilă care, prin mişcări asemănătoare unui bici, determină deplasarea celulei printr-un fluid, adesea către o sursă de energie sau de molecule necesare menţinerii propriei existenţe.

Formele schimbătoare ale proteinelor

Dar cea mai simplă celulă e şi mai complexă decât atât: pe lângă faptul că fiecare dintre numeroasele sale proteine şi enzime sunt alcătuite dintr-o combinaţie de până la 20 de aminoacizi diferiţi dispuşi într-o catenă ce cuprinde între 50 şi 300 de astfel de aminoacizi aşezaţi într-o ordine strictă, pentru a funcţiona, fiecare catenă trebuie să aibă şi o formă corectă. Cele mai multe proteine se pliază în structuri tridimensionale unice şi îşi schimbă forma când iau parte la reacţii biochimice.

Figurile 14.6 şi 14.7 ilustrează forma complexă a unei proteine.

CONCLUZII

1. Au fost identificate dovezi fosile concludente ale existenţei vieţii (sub formă de microorganisme complexe) în roci cu o vechime de două miliarde de ani. Trebuie să fi existat forme mai vechi şi mai simple de viaţă. Există teorii potrivit cărora viaţa datează de 3,5, 3,8 sau chiar 3,85 miliarde de ani, din era hadeană, când Pământul a fost bombardat de asteroizi şi alte resturi cosmice ale formării sistemului solar, dar şi dovezile, şi interpretarea lor sunt discutabile. Cea mai probabilă estimare actuală situează apariţia vieţii în urmă cu 3,5 miliarde de ani.

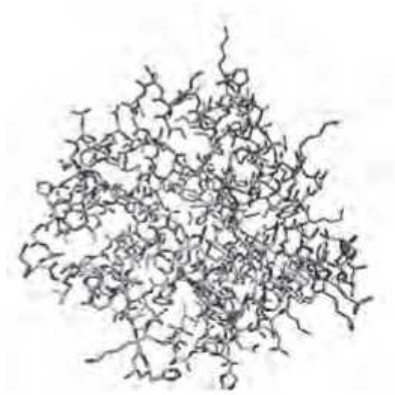


Figura 14.6 Reprezentare bidimensională a unei structuri tridimensionale a proteinei triozo-fosfat-izomerază, unde atomii sunt înfăţişaţi prin linii cu nuanţe diferite.

Figura 14.7 Reprezentare simplificată a proteinei triozo-fosfat-izomerază care ilustrează forma de bază.

probabilă estimare actuală situează apariţia vieţii în urmă cu 3,5 miliarde de ani.

2. Descoperirea extremofilelor, organisme care trăiesc în condiţii extreme asemănătoare cu cele care ar fi putut să existe în era hadeană, sugerează că viaţa ar fi putut să existe în acea perioadă, adică în timpul primilor 700 de milioane de ani de după formarea Pământului, dar nu constituie o dovadă concludentă.

3. Din cauza numărului redus de probe fosile în general şi din cauza faptului că aproape toate rocile sedimentare formate în primele două miliarde de ani au fost supuse unui proces de subducţie sau au fost transformate în roci metamorfice, este aproape sigur că nu vom descoperi niciodată dovezi clare cu privire la primele forme de viaţă şi că nu vom afla momentul apariţiei lor pe Pământ.

4. Cea mai simplă şi probabil cea mai timpurie formă de viaţă este un procariot independent, un organism unicelular în care informaţia genetică codificată în ADN nu este închisă într-un nucleu celular.

5. Analiza genetică a unei game largi de celule oferă dovezi solide, dar nu probează, că viaţa a apărut în mod natural o singură

dată pe Pământ şi că toate formele de viaţă actuale - de la numeroasele tipuri de bacterii şi până la om - au evoluat dintr-un singur strămoş comun.

Pg.271

6. Pentru a funcţiona independent, cele mai simple procariote au nevoie de un cromozom sub forma unei bucle pliate de ADN dublu catenar alcătuit din cel puţin 36 de milioane de atomi configuraţi într-o structură specifică. Aceste catene se depliază şi se separă una de alta pentru a forma matriţa menită sintetizării unor catene ADN identice de care celula are nevoie în procesul de reproducere şi de sintetizare a proteinelor necesare propriei funcţionări. Cea de-a doua sinteză este un proces complex ce implică producerea de ARN mesager care transportă informaţia genetică a ADN-ului codificată în secvenţa bazelor sale nucleotidice către un ribozom, un fel de fabrică situată în lichidul celular ce conţine ARN şi proteine. Ribozomii folosesc această informaţie genetică pentru a produce aminoacizi pornind de la moleculele celulare. Aminoacizii, care sunt produşi doar într-unul din cei doi stereoizomeri posibili, forma L, se înlănţuie în reacţii chimice catalizate de enzime, care sunt proteine complexe. Proteinele sunt formate pornind de la combinaţii de 20 de aminoacizi dintr-un număr de aproximativ 500 de aminoacizi cunoscuţi. Diferitele catene de aminoacizi constituie diferitele proteine necesare în procesul de catalizare şi în repararea şi menţinerea celulei, inclusiv a ADN-ului acesteia. Cele mai simple procariote au proteine alcătuite din catene ce conţin între 50 şi 300 de aminoacizi care au astfel de forme limitate şi care sunt ordonaţi în secvenţe stricte. Iar pentru a putea funcţiona şi crea produşii necesari fiecare catenă trebuie să adopte structuri dinamice. Toate aceste elemente constitutive sunt învelite în straturi semipermeabile de proteine şi de alte molecule complexe care separă celula de mediul exterior, protejând-o de molecule nocive şi în acelaşi timp permiţând anumitor molecule să pătrundă sau să iasă din celulă.

7. Orice ipoteză referitoare la apariţia vieţii trebuie să explice cum o celulă cu o astfel de dimensiune şi cu astfel de componente, funcţii şi configuraţii complexe a putut să apară din interacţiunile atomilor şi moleculelor simple, alcătuite din maximum 13 atomi, care se găseau pe suprafaţa nou formatului Pământ.

CAPITOLUL 15
Apariţia vieţii 2: ipotezele

Oricine vă spune că ştie cum a început viaţa pe Pământ cu aproximativ 3,45 miliarde de ani în urmă e ori aiurit, ori ticălos.
Stuart Kauffman, 1995

Dacă încercarea de a afla cum a apărut viaţa pe Pământ face din mine un aiurit sau un ticălos, atunci mă aflu în buna tovărăşie a celor care cred că ştiu.

Orice ipoteză ştiinţifică referitoare la apariţia vieţii pe Pământ trebuie să explice în ce fel cele mai complexe molecule, alcătuite din până la 13 atomi, care se găsesc în spaţiul interstelar şi în asteroizi - şi care astfel se găsesc sau sunt depozitate pe Pământul timpuriu - au evoluat până au ajuns la dimensiunea, complexitatea, structura şi funcţionarea celei mai simple forme de viaţă descrise în capitolul anterior. Adică să explice cum de materia neînsufleţită s-a transformat în viaţă.

Supa primordială a lui Oparin şi Haldane

Explicaţia ortodoxă de bază este cea propusă în mod independent de biochimistul rus Aleksandr Oparin în 1924 şi de geneticianul englez J.B.S. Haldane în 1929.

Potrivit versiunii lui Oparin, atmosfera timpurie a Pământului era alcătuită din hidrogen, metan, amoniac şi vapori de apă. Energia provenită de la Soare şi din fulgere a făcut ca aceste molecule să se combine şi să formeze un amestec de compuşi organici simpli. De-a lungul mileniilor, aceşti compuşi s-au acumulat în oceane şi au alcătuit o supă primordială caldă şi diluată care a generat în cele din urmă un tip nou de moleculă, capabilă să se reproducă singură.

Această reproducere nu era eficientă şi genera variaţii. Dintre toate variaţiile, un mecanism ultradarwinian le-a selectat pe cele mai eficiente în autoreplicare. (Folosesc termenul ultradarwinian atunci când selecţia naturală este aplicată dincolo de sau în afara evoluţiei darwiniene a speciilor.) Aceşti autoreplicatori au recrutat proteine pentru a-şi face reproducerea mai eficientă, ceea ce a dus apoi la apariţia unei membrane separatoare şi astfel la prima celulă.

Pg.273

În 1953, Stanley Miller, un tânăr cercetător care lucra în laboratorul Universităţii din Chicago condus de Harold Urey, a încercat să supună această ipoteză unui test experimental. A fiert apă pe fundul unui balon de sticlă pe care îl umpluse cu hidrogen, metan şi amoniac. Pentru a simula energia fulgerelor şi Soarelui, a supus amestecul unor descărcări electrice. După o săptămână, în balon apăruseră sedimente asemănătoare gudronului şi urme a cel puţin trei aminoacizi.[1] Biochimiştii au aclamat acest experiment, considerând că

reprezintă o confirmare a ipotezei Oparine-Haldane: dacă aminoacizii pot fi produşi într-o săptămână în balon, atunci, într-un mare ocean şi în decurs de mii de ani, aceşti aminoacizi s-ar fi polimerizat pentru a forma peptide şi eventual proteine complexe care ar fi generat în final prima celulă.

Totuşi, peste şaizeci de ani de experimente cu diferite reţete de supe primordiale şi diferite condiţii nu au reuşit să producă nici o moleculă capabilă de autoreplicare, şi cu atât mai puţin o celulă.

Biochimiştii explică acest eşec prin incapacitatea experimentelor de laborator de a reproduce perioadele vaste de timp considerate necesare, dar Johnjoe McFadden ne oferă cinci motive pentru care viaţa nu va fi niciodată generată în acest fel, arătând în consecinţă de ce ipoteza e greşită.[2] În primul rând, teza lui Miller cu privire la compoziţia atmosferei timpurii a Pământului este considerată astăzi incorectă, iar atmosfera primordială presupusă de teoriile actuale este mai puţin favorabilă unor astfel de reacţii.

În al doilea rând, principalul produs al unor astfel de reacţii este o mâzgă, o masă gudronată formată în special din hidrocarburi, care rezultă inevitabil atunci când ingredientele pot lua parte la o gamă largă de reacţii posibile.

În al treilea rând, aminoacizii produşi în aceste condiţii simulate ale Pământului timpuriu sunt un amestec de forme levogire şi dextrogire sau izomeri optici. Concatenarea aminoacizilor pentru a produce peptide şi proteine nu este posibilă atunci când sunt prezente ambele forme. În plus, în celule sunt produşi numai aminoacizi cu formă levogiră şi nimeni nu a sugerat până acum vreun mecanism prin care supa primordială s-ar fi putut îmbogăţi pentru a genera aminoacizi levogiri.

În al patrulea rând, reacţiile au loc în soluţie apoasă, ceea ce face foarte dificilă polimerizarea sau concatenarea aminoacizilor pentru a produce proteine. Unirea chimică a doi aminoacizi printr-o legătură peptidică presupune pierderea unei molecule de apă, aşa cum ne arată figura 14.5. Cu atât de multe molecule de apă în soluţie, tendinţa naturală a unei molecule de apă este aceea de a rupe legăturile peptidice printr-o reacţie numită hidroliză, care este inversă faţă de cea indicată în figura 14.5; din această cauză, polimerii biologici aflaţi în soluţii apoase au tendinţa să se desfacă, chiar dacă acest proces este lent. Hidroliza nu se produce în celule, deoarece concatenarea aminoacizilor nu are loc în mod direct, ci printr-o serie de reacţii catalizate de enzime. Dar cum aceste enzime sunt ele însele proteine, nu pot fi folosite pentru a crea primele proteine.

În al cincilea rând, selecţia naturală darwiniană depinde de gradualism: fiecare mic pas făcut pe scara evoluţiei trebuie să fi fost

generat de mutaţii întâmplătoare, trebuie să fi fost viabil pentru a produce descendenţi şi trebuie să fi manifestat faţă de precursorul său o minimă îmbunătăţire a adaptării la mediul înconjurător. Cea mai simplă celulă examinată în capitolul precedent, un procariot unicelular (vezi figura 14.2), nu ar fi putut să apară din pură întâmplare. De unde vin protocelulele? Dacă protocelulele apar prin selecţie naturală, atunci fiecare strămoş trebuie să fi fost viabil, dar nu există fosile lăsate în urmă de protocelule.

Aş adăuga că dacă Craig Venter şi colegii săi de la Institutul J. Craig Venter vor reuşi să obţină o celulă vie prin amestecarea părţilor sale componente nu înseamnă că ipoteza Oparine-Haldane va avea în sfârşit un fundament experimental, ci doar că viaţa poate fi produsă printr-un proiect inteligent, în acest caz inteligenţa aparţinându-i lui Venter.

ARN autoreplicant

Din moment ce probabilitatea producerii unei celule independente autoreplicante în urma reacţiilor aleatorii ale unor molecule simple din supa primordială este practic nulă, biochimiştii au căutat un replicator primordial credibil. Candidatul favorit sunt moleculele de ARN autoreplicante care nu au nevoie de enzime pentru a funcţiona.

Într-un astfel de caz, o moleculă de ARN autoreplicantă produce într-un mod ineficient copii ale sale. Selecţia naturală ultradarwiniană favorizează acele produse care sunt cele mai eficiente în producerea de urmaşi. În cele din urmă, aceste versiuni mai eficiente catalizează concatenarea aminoacizilor pentru producerea de proteine care să ajute la replicarea lor şi la formarea unei membrane protectoare, ceea ce le face şi mai eficiente. În final, ele generează ADN-ul, care se dovedeşte a fi un depozitar mult mai stabil al informaţiei genetice, producând astfel prima celulă.

Această ipoteză, numită de obicei „Lumea ARN“, reprezintă astăzi explicaţia ortodoxă a originii vieţii pe Pământ. Fundamentul experimental este asigurat de descoperirea că ribozimele, segmente scurte de ARN, pot acţiona ca enzime pentru a cataliza o mulţime de reacţii biochimice: ele pot uni două molecule de ARN şi pot polimeriza până la şase baze ARN într-o matriţă ARN. În plus, numeroşi viruşi, cum este cel al gripei, au un genom ARN, nu ADN, ceea ce sugerează că o moleculă ARN enzimatică şi-a catalizat propria replicare şi că ARN-ul din celulele moderne reprezintă rămăşiţa evolutivă a ARN-ului autoreplicant iniţial.

Pg.275

După McFadden, această ipoteză are totuşi aceleaşi probleme întâlnite în cazul ipotezei supei primordiale despre care am vorbit înainte: polimerizarea ARN-ului exclude apa şi nu apare în mod

natural într-o soluţie apoasă; polimerizarea ARN-ului catalizat prin ribozime nu funcţionează într-un amestec de baze nucleotidice levogire şi dextrogire, şi nimeni nu a sugerat vreun mecanism prebiotic care ar putea îmbogăţi o formă chirală a bazelor ARN în defavoarea celeilalte.

Din punct de vedere experimental, nimeni nu a conceput sau a descoperit până acum o moleculă de ARN autoreplicantă. Molecula de ARN e alcătuită din trei părţi: bazele A, U, C şi G, împreună cu o monozaharidă numită riboză şi un grup fosfat. Acestea însumează în jur de 50 de atomi care trebuie să fie structuraţi foarte strict. O catenă din figura 14.3, unde U l-ar înlocui pe T, ne oferă o indicaţie în acest sens. Deşi specialiştii au avut un oarecare succes în sintetizarea bazelor şi a grupărilor fosfat din molecule mai simple, ei au realizat aceste lucruri numai printr-o serie de reacţii atent controlate pentru a evita deşeurile generate prin simularea condiţiilor naturale. În plus, nu au putut să producă o soluţie îmbogăţită cu riboză.

Graham Cairns-Smith, specialist în chimie organică şi în biologie moleculară de la Universitatea din Glasgow, susţine că supa primordială nu ar fi avut cum să producă vreun replicator ARN. El estimează că sinteza unei baze ARN pornind de la compuşi prebiotici simpli are nevoie de aproape 140 de etape. Pentru fiecare etapă există alte cel puţin şase reacţii alternative care pot să apară în locul celei dorite. Probabilitatea ca rezultatul potrivit să se petreacă din întâmplare este de 6^{140} sau 10^{109}.[3]

Peptide autoreplicante

Aceste observaţii i-au determinat pe unii biochimişti să caute un replicator primordial mai simplu decât ARN-ul. În 1996, David Lee şi colegii săi de la Institutul de Cercetare Scripps au proiectat o peptidă scurtă, formată din 32 de aminoacizi, care ar fi putut acţiona ca o enzimă capabilă să lipească părţi din sine însăşi şi să se reproducă.[4]

MacFadden respinge primordialitatea peptidei autoreplicante, deoarece Lee şi colegii săi au folosit fragmente de peptidă activate pentru a reduce reacţiile secundare producătoare de gudron şi nu au oferit o explicaţie plauzibilă despre felul în care astfel de aminoacizi activaţi ar putea să fie produşi din întâmplare de supa primordială.

Substratul bidimensional

Improbabilitatea biochimică covârşitoare ca un ARN autoreplicant sau ca o peptidă autoreplicantă să apară în mod întâmplător din moleculele prezente în supa primordială a stimulat dezvoltarea unor idei cu privire la mult mai probabila existenţă a unor autoreplicatori mai simpli care s-ar fi format mai curând pe o suprafaţă bidimensională decât într-o soluţie apoasă.

Replicatorii de argilă

Cairns-Smith a început să cerceteze această idee începând cu mijlocul anilor ’60, iar în 1985 a publicat o carte în care şi-a expus ipoteza.[5]

Când am enumerat reproducerea printre posibilele caracteristici ale vieţii, am văzut că un cristal de sare comună se poate reproduce într-o soluţie saturată din acea sare[128]. Cairns-Smith este de părere că replicatorul primordial a fost un asemenea cristal simplu, care îşi are informaţia codificată în propria structură: de fapt, structura cristalului e un precursor al genei organice.

Argila e un sediment dens ce conţine minerale şi silicaţi, mai ales aluminiu, şi se găsea probabil din abundenţă pe Pământul timpuriu. Aceste cristale de silicaţi s-au reprodus, iar selecţia naturală a favorizat acele cristale mutante care îşi modificau mediul înconjurător şi îşi îmbunătăţeau reproducerea. Suprafeţele lor încărcate electric au atras molecule organice dipolare, precum aminoacizii şi nucleotidele, catalizând pur şi simplu polimerizarea lor în proteine şi componente ale ARN-ului şi ADN-ului. În cele din urmă, a avut loc un transfer de sarcină genetic în care produşi mai stabili ai acestor reacţii superficiale, polimeri organici precum ARN-ul şi ADN-ul, au moştenit informaţia cristalelor şi i-au luat locul treptat ca material genetic primar, în timp ce alţi polimeri organici, precum proteinele, au format o membrană protectoare: cristalul primitiv autoreplicant îşi leapădă astfel carcasa de lut şi iese la lumină sub formă de celulă.

În 1996, chimistul James Ferris, de la Institutul Politehnic Rensselaer, Troy, New York, împreună cu alţi colaboratori biologi au părut să ofere un fundament experimental ipotezei lui Cairns-Smith atunci când au incubat soluţii separate de aminoacizi şi nucleotide în prezenţa unor suprafeţe minerale. Ei au obţinut polimeri ai aminoacizilor şi ai nucleotidelor cu o lungime de până la 55 monomeri. În absenţa suprafeţelor minerale, era imposibil să se obţină un polimer mai lung de 10 monomeri, deoarece hidroliza împiedică sporirea catenelor.[6] Aceasta nu constituie însă o confirmare experimentală a ipotezei, deoarece atât aminoacizii, cât şi nucleotidele nu fuseseră produse în mod natural, trecuseră printr-un proces de activare artificială.

În plus, afirmaţia că primul replicator din succesiunea de reacţii care au condus la apariţia celulei a fost un replicator de argilă nu are nici un fundament empiric. În depozitele actuale de argilă sau în dovezile fosile nu există replicatori de argilă

asemănători cu cei din perioada Pământului timpuriu. Dată fiind

dificultatea de a identifica celule fosile mai vechi de două miliarde de ani, cred că nu vom reuşi vreodată să găsim fosile ale precursorilor de argilă ai celulelor.

În lipsa dovezilor concrete, ideea replicatorului de argilă rămâne o conjectură interesantă. Această ipoteză nu are însă o explicaţie convingătoare pentru o etapă-cheie. Ordinea şi simetria cristalelor au la bază un aranjament periodic şi repetitiv, cu un conţinut mic de informaţie. În schimb, celula e o entitate complexă, aperiodică şi interactivă cu un înalt conţinut informaţional, aşa cum sunt şi componentele ei, precum ARN-ul, ADN-ul şi proteinele. Conjectura lui Cairns-Smith nu explică felul în care un conţinut informaţional de nivel atât de înalt poate fi generat de un cristal cu informaţie redusă.

Replicatorul de pirită de fier

Gunter Wächtershäuser, un chimist devenit apoi avocat specializat în brevete, a propus în 1988 o versiune mai nouă a ideii bidimensionale. El a sugerat că formarea cristalelor de pirită de fier pornind de la fierul şi hidrogenul sulfurat din apele bogate în sulfuri aflate în apropierea izvoarelor subocea- nice au generat electroni care ar fi putut să reducă chimic dioxidul de carbon în compuşi organici. Suprafaţa încărcată a cristalelor putea să lege compuşii organici şi să declanşeze diferite reacţii care să ducă la formarea de aminoacizi şi nucleotide, replicatori şi până la urmă viaţă.[7]

Wächtershäuser şi colegii săi de la Institutul pentru Microbiologie Regensburg au demonstrat că formarea piritelor de fier poate fi cuplată cu polimerizarea aminoacizilor. Totuşi mai au de adus dovezi experimentale pentru confirmarea primei etape-cheie, adică transformarea dioxidului de carbon în compuşi carbonici prin formarea piritelor de fier[8], motiv pentru care şi această idee rămâne o conjectură.

Originea extraterestră

Problema explicării apariţiei celor mai simple celule independente din supa primordială de pe Pământ i-a făcut pe unii cercetători să investigheze o idee care şi-a făcut apariţia în repetate rânduri de-a lungul secolelor şi care a fost popularizată în literatura SF. Potrivit versiunii panspermiei propuse în 1903 de chimistul suedez Svante Arrhenius, laureat al Premiului Nobel, microbii expulzaţi de pe planete unde exista viaţă au călătorit prin spaţiu şi au aterizat pe Pământ.

Un alt laureat al Premiului Nobel, Francis Crick (unul din cei doi cercetători care au descoperit structura ADN-ului), şi Leslie Orgel, pe atunci profesor la Institutul Salk pentru Studii Biologice şi cercetător

la NASA, au ajuns la concluzia că este foarte puţin probabil ca acest lucru să se fi petrecut din întâmplare. Astfel, ei au propus în 1973 ipoteza panspermiei direcţionate, prin care o civilizaţie avansată din galaxie a trimis în mod intenţionat microorganisme către planete precum Pământul.[9]

Deşi această idee i-a satisfăcut pe amatorii de SF, absenţa dovezilor nu a reuşit să mulţumească comunitatea ştiinţifică. Totuşi, în 1978, Fred Hoyle şi fostul său student Chandra Wickramasinghe, pe atunci directorul Departamentului de Matematică Aplicată şi Astronomie de la Colegiul Universitar Cardiff, au afirmat că au dovezi care susţin ipoteza panspermiei. Astronomii încercau de ani de zile să explice anumite linii spectrale ale prafului interstelar, despre care se credea că este compus în special din cristale de gheaţă. Hoyle şi Wickramasinghe au anunţat că aceste linii spectrale sunt compatibile cu bacteriile.[10]

Această ipoteză le-a permis să propună ideea că anumite izbucniri bruşte ale unor epidemii la care am avut o rezistenţă scăzută şi care adesea aveau o origine geografică determinată, cum ar fi sifilisul în secolul al XlX-lea şi SIDA în secolul XX, au fost provocate de bacterii şi viruşi ajunşi pe Pământ prin intermediul unor comete. Ipoteza celor doi este concordantă cu opinia lui Beda Venerabilul, călugăr şi istoric din secolul al VlII-lea, care spunea că apariţia cometelor prevesteşte „o schimbare a suveranului sau o molimă“. În 2003, Wickramasinghe şi colegii săi au susţinut în revista medicală *The Lancet* că SARS (sindromul acut respirator sever) a fost provocat de microbii aduşi de o cometă.[11] Pentru susţinerea acestei afirmaţii, Wickramasinghe citează dovada potrivit căreia mostrele de aer culese în anul 2001 din stratosferă de Organizaţia Indiană pentru Cercetare Spaţială conţin aglomerări de celule vii, argumentând că aerul situat în partea inferioară a atmosferei nu poate ajunge până la 41 km înălţime.

O analiză spectrală mai sofisticată şi de dată mai recentă a identificat molecule organice în praful interstelar. Dar, aşa cum am văzut129, cele mai mari dintre ele sunt alcătuite din 13 atomi şi nu pot fi considerate bacterii. Mostrele stratosferice includ două bacterii cunoscute pe Pământ. Dar dacă ne gândim logic, o explicaţie mai simplă şi mult mai probabilă este cea potrivit căreia bacteriile respective au fost ridicate până la 41 km de la sol de fenomene meteorologice, şi nu cea potrivit căreia au călătorit miliarde de kilometri prin spaţiul interstelar. Cercetătorii din domeniul medical au respins ideea originii extraterestre a bolilor şi au adus dovezi mult mai convingătoare, pe care Wickramasinghe nu le ia în considerare.[12]

În orice caz, toate aceste idei despre panspermie nu fac decât să amâne rezolvarea problemei apariţiei vieţii pe Pământ, tot aşa cum diferitele speculaţii cu privire la multiversuri sau la un posibil univers

generator de universuri amână problema originii materiei.

Pg.279

Totuşi, în versiunea lor din 2007, Wickramasinghe, fiica sa şi un alt coleg de la Centrul de Astrobiologie al Universităţii din Cardiff - centru neoficial al panspermiei - au răspuns criticilor. Ei afirmă că viaţa a apărut în interiorul cometelor.[13]

Această afirmaţie nu este lipsită de probleme. Se bazează practic pe trei supoziţii:

1. Deşeurile supernovelor încorporate în comete conţin elemente radioactive a căror dezintegrare ar menţine apa în stare lichidă în interiorul acestor corpuri cereşti. Nici o dovadă nu susţine o asemenea supoziţie.
2. Cometele conţin şi argilă, din care ar fi evoluat celulele vii, potrivit ipotezei Cairns-Smith. Deşi potrivit misiunii Deep Impact, din 2005, cometa 9P/Tempel ar conţine argilă şi carbonaţi, care necesită de regulă apa lichidă pentru a se forma, nici o dovadă nu susţine ipoteza Cairns-Smith şi cu atât mai puţin faptul că acest fenomen s-ar petrece în interiorul cometelor.
3. Durata de viaţă a mediilor prebiotice propice dintr-o cometă o depăşeşte pe cea din regiunile terestre asemănătoare cu 10^4 sau 10^5. Nici o dovadă nu susţine această supoziţie.

Bazându-se pe aceste supoziţii, cei doi cercetători susţin că, deoarece masa combinată a cometelor din întreaga galaxie depăşeşte condiţiile terestre propice vieţii cu 10^{20}, rezultă că totalitatea cometelor din jurul stelelor pitice de tip G asemănătoare Soarelui oferă incomparabil mai multe condiţii propice vieţii decât ar fi fost vreodată posibil pe Pământ.

Totuşi este ilogic să deduci această probabilitate comparând masa tuturor cometelor cu masa Pământului, deoarece ipoteza pleacă de la ideea că viaţa nu a apărut în interiorul a ceva ce însumează masa tuturor cometelor din galaxie, ci în interiorul unei comete, iar masa unei comete medii este de 6×10^{10}, de 60 de miliarde de ori mai mică decât cea a Pământului. De fapt, ar trebui să se compare posibilitatea apariţiei vieţii în interiorul unei singure comete - iar cei mai mulţi specialişti în comete susţin că interiorul unor astfel de corpuri cereşti este alcătuit în principal din gheaţă solidă - cu posibilitatea apariţiei vieţii la suprafaţa Pământului primordial.

Pagina de Internet care anunţă supoziţia lor spune că viaţa a apărut într-o cometă şi că „apoi viaţa emergentă s-a răspândit rapid, ca o infecţie, de la o cometă la alta, de la un sistem solar la altul, cuprinzând regiuni tot mai întinse ale universului".[14] Nu se explică însă cum viaţa din interiorul unei comete care orbita în jurul unei stele a ajuns să se răspândească la alte comete, mai ales la cele care

orbitau în jurul altor stele.
Pg.280

Proiectul inteligent

O problemă pe care o presupune folosirea sintagmei „proiect inteligent" este aceea că, începând cu mijlocul anilor ’90, a ajuns să fie asociată indisolubil cu o teorie pretins ştiinţifică ai cărei susţinători sunt finanţaţi de sau sunt membri ai Institutului Discovery, un grup american înfiinţat şi finanţat de creştini cu scopul de a demonstra că Dumnezeu a creat viaţa.

Mă tem că e imposibil să separi ideile de credinţe, indiferent dacă obiectul lor e Dumnezeu sau materialismul, mai ales atunci când dovezile sunt extrem de reduse şi astfel lasă loc multor interpretări. În consecinţă, cred că e instructiv să luăm în considerare idei ale proiectului inteligent care nici nu postulează un Dumnezeu iudeo-creştin şi nici nu contrazic credinţele adepţilor lor.

Simularea computerizată

Filozoful Nick Bostrom, de la Universitatea Oxford, spune că, din moment ce acum suntem în stare să creăm simulări computerizate cu lumi şi oameni, o civilizaţie „postumană“ mult mai avansată tehnologic va fi capabilă să simuleze oameni pe deplin conştienţi, iar ceea ce percepem noi drept viaţă ar putea fi o astfel de simulare digitală.[15] Pentru a nu fi considerat un simplu capriciu intelectual fantezist, Bostrom oferă o ecuaţie pentru a dovedi că există o mare probabilitate ca acest lucru să fie adevărat.

Totuşi, asemenea ecuaţiei lui Drake, care calculează probabilitatea existenţei unor civilizaţii inteligente în galaxia noastră[130], ecuaţia lui Bostrom este un multiplu de probabilităţi separate, fiecare dintre ele bazându-se pe presupuneri sau pe bănuieli discutabile. În plus, după ce extrapolează creşterea puterii de calcul a computerelor din ultimii 60 de ani într-un viitor nedeterminat şi necunoscut, următoarea sa propoziţie începe cu: „Bazându-ne pe acest fapt empiric...". O proiecţie, oricât de rezonabilă ar fi - iar această proiecţie este discutabilă -, nu reprezintă un fapt empiric.

Poate că nu e un capriciu, dar nici nu putem spune că e mai mult decât o speculaţie ce nu poate fi verificată prin mijloace empirice. Asemenea ipotezei panspermiei direcţionate, propusă de Crick şi Orgel, nu ne spune nimic despre originea acestor creatori postumani şi astfel despre originea vieţii pe Pământ aşa cum o percepem noi.
Pg.281

Complexitatea ireductibilă

Michael Behe, profesor de biochimie la Universitatea Lehigh, Pennsylvania, susţine că toate formele de viaţă de pe Pământ au evoluat dintr-un strămoş comun, chiar dacă ipoteza darwiniană nu explică diferenţele dintre specii. Cu toate acestea, componentele individuale ale primei celule, alături de căile biochimice elaborate şi interconectate ale producerii lor, sunt ireductibil de complexe: dacă le lipseşte chiar şi o părticică, nu pot funcţiona. Ele nu ar fi putut să evolueze printr-un mecanism [ultra]darwinian, întrucât acesta depinde de selecţia naturală şi de diferite mutaţii în fiecare etapă parcursă, iar toate aceste etape trebuie să fie viabile. Dovezile pe care le citează includ sisteme care direcţionează proteine către locuri specifice din interiorul celulei şi flagelului bacterian131. Acesta din urmă, de exemplu, e alcătuit din peste douăsprezece proteine; nu există nici o etapă intermediară care să fie viabilă ca unitate funcţională.

Behe spune că a fost nevoit să ajungă la concluzia că prima formă de viaţă, celula ancestrală comună, nu putea rezulta decât dintr-un proiect inteligent. Pentru a împăca această concluzie cu evoluţia biologică, el sugerează că prima celulă conţinea tot ADN-ul necesar evoluţiei ulterioare. Nu identifică proiectantul, dar spune că ştiinţa ortodoxă a respins această concluzie din cauza posibilelor implicaţii teologice.[16]

Evoluţioniştii ortodocşi s-au grăbit să condamne cartea lui Behe din 1996, *Darwin's Black Box: The Biochemical Challenge to Evolution.* În recenzia sa din revista Nature, biologul evoluţionist Jerry Coyne, de la Universitatea din Chicago, găseşte cheia înţelegerii raţionamentului lui Behe în faptul că acesta e romano-catolic. Totuşi, cei mai mulţi oameni de ştiinţă nu au respins cercetările lui Newton din domeniul mecanicii pentru că acesta credea în alchimie şi nici pe cele ale lui Kepler din domeniul astronomiei pentru că acesta avea înclinaţii către astrologie. O critică mult mai substanţială este aceea că Behe nu ia suficient în considerare alte mecanisme decât cele ale etapelor secvenţiale pentru producerea componentelor celulare, cum ar fi cooptarea unor componente ce au evoluat pentru alte scopuri, genele duplicate şi primele enzime multifuncţionale.

În cazul flagelului bacterian, de exemplu, microbiologul Mark Pallen şi biologul evoluţionist Nicholas Matzke subliniază că astăzi nu există doar un flagel bacterian, ci mii, probabil milioane, de flageli diferiţi. De aici rezultă că „fie au existat mii sau milioane de acte de creaţie individuală, fie extrem de diferitele sisteme flagelare contemporane au evoluat dintr-un strămoş comun". Printre dovezile în favoarea evoluţiei flagelului bacterian se numără existenţa flagelilor vestigiali, forme intermediare de flageli, şi tiparul de asemănări între secvenţele proteinelor flagelare: aproape toate proteinele flagelare

prezintă omologii cunoscute cu proteine neflagelare, sugerând că flagelii au evoluat din componente celulare existente.[17]

Pg. 282

Atât Coyne, cât şi biologul Kenneth Miller, de la Universitatea Brown, observă că Behe recunoaşte că unele componente ale primei celule s-ar putea să fi evoluat printr-un mecanism [ultra]darwinian, însă înainte de a respinge proiectul inteligent trebuie ca toate aspectele biochimice să fie explicate prin efecte naturale. Dar acest lucru este imposibil de demonstrat, din cauza dificultăţilor întâmpinate în obţinerea dovezilor. Prin urmare, cei doi cercetători argumentează că afirmaţiile lui Behe nu sunt falsificabile şi, astfel, nu sunt ştiinţifice.

Incapacitatea ştiinţei de a explica unele fenomene

Poziţia lui Behe e un caz particular generat de o problemă mai generală, şi anume incapacitatea ştiinţei de a explica anumite fenomene. Această perspectivă a fost articulată de Fred Hoyle, un ateu convins. Motivat de ateismul său, Hoyle a început să caute o alternativă la teoria Big Bangului, dar atunci când a ajuns la apariţia vieţii pe Pământ a comparat ivirea întâmplătoare a celei mai simple celule cu „şansa ca o tornadă care trece printr-o curte plină de deşeuri să asambleze un Boeing 747 din materialele aflate acolo“[18].

În 1982, în cadrul unui discurs ţinut la Royal Institution, Hoyle a articulat următoarea concluzie:

> Dacă abordezi această problemă în mod direct şi sincer, fără a te abate de teama mâniei comunităţii ştiinţifice, ajungi la concluzia că biomaterialele, cu uimitoarea ordine de care dau dovadă, trebuie să fie produsul unui proiect inteligent [...]. Problemele ce ţin de ordine, precum cea a secvenţei de aminoacizi dintr-o catenă [care constituie proteinele celulare] [.] sunt exact acele probleme care devin simple odată cu intrarea în scenă a unei inteligenţe direcţionate.[19]

Nu ştiu dacă Hoyle s-a convertit la vreo religie, dar în scrierile sale ulterioare pare să sugereze că fenomenele pe care ştiinţa nu le poate explica sunt o mărturie a faptului că universul e guvernat de o inteligenţă superioară. Aici se află problema. Incapacitatea ştiinţei actuale de a explica un fenomen nu ar trebui să ne dea de înţeles că nu va fi niciodată capabilă să-l explice - tot aşa cum nu ar trebui să ne dea de înţeles nici că va fi capabilă să-l explice la un moment dat, cum susţin unii materialişti, precum Richard Dawkins.

Pg.283

Din moment ce dovezile nu pot nici să demonstreze şi nici să nege apariţia vieţii ca urmare a unui proiect inteligent, cel mai raţional ar fi să examinăm concordanţa cu alte dovezi, care, în acest caz, sunt

reprezentate de tiparele înţelegerii umane a fenomenelor naturale. Dacă privim prin prisma istoriei, cei mai mulţi oameni au invocat cauze supranaturale pentru explicarea fenomenelor naturale pe care nu le înţelegeau la vremea respectivă. Astfel, grecii din perioada înscrisă între secolele al X-lea şi al V-lea î.Hr. nu înţelegeau ce anume produce fulgerul şi tunetul, astfel încât le-au atribuit celui mai puternic zeu dintr-un panteon de supraoameni, care era practic o reflexie a ierarhiei propriei lor societăţi.

Când ştiinţa s-a dezvoltat într-o societate occidentală predominant creştină, raţionamentul ei empiric a umplut lacunele înţelegerii fenomenelor naturale şi a îndepărtat treptat necesitatea explicaţiilor supranaturale. Astfel, Pământul nu mai era ceva creat de Dumnezeu şi aşezat în centrul universului, iar Soarele nu mai era ceva creat de Dumnezeu pentru a lumina Pământul între perioadele de întuneric.

Tărâmul lacunelor - şi astfel tărâmul Dumnezeului creator transcendent - s-a redus în continuare odată cu sporirea puterii explicative a ştiinţei, iar Dumnezeu a devenit treptat cauza supremă, dar nu şi directă, a fenomenelor naturale. (Folosesc aici ideea de Dumnezeu întâlnită în general în creştinism, deoarece, începând cu secolul al XVI-lea, ştiinţa s-a dezvoltat în principal în Occidentul creştin. Alte religii şi culturi au perspective diferite cu privire la Dumnezeu sau la zei, iar unele dintre ele consideră că există un Spirit Cosmic care e imanent şi transcendent în acelaşi timp, şi nu doar imanent vreme de 33 de ani, prin intermediul unei singure persoane a Treimii transcendente.)

Deşi nu există vreo garanţie că acest tipar va continua, cea mai rezonabilă modalitate de a înţelege apariţia vieţii pe Pământ e cea care - fără a renunţa la ideea existenţei altor posibilităţi - se bazează mai degrabă pe explicaţii naturale decât pe invocarea unei cauze supranaturale precum Dumnezeu sau proiectul inteligent.

Principiul antropic

Ne-am întâlnit cu ideea principiului antropic în prima parte, când am descoperit că un univers care să permită evoluţia omului nu ar putea să existe dacă nu ar opera câteva legi fizice de origine necunoscută şi dacă o serie de parametri cosmici şi de constante fără dimensiuni nu ar avea valori foarte fin reglate pe care nu le poate explica nici o lege. În această parte, principiul antropic e invocat pentru a explica apariţia enigmatică a vieţii pornind de la moleculele simple aflate în supa primordială de pe Pământ.

Ideea de principiu antropic este de obicei atribuită fizicianului teoretician Brandon Carter, care a formulat-o în 1974, când se afla la Universitatea Cambridge.[20] Cea mai cuprinzătoare abordare a acestui subiect a fost făcută de cosmologii John Barrow şi Frank Tipler, a

căror carte, publicată în anul 1986, include toate legile, parametrii şi constantele relevante, precum şi diferitele abordări ale acestei idei.[21] Voi lua în considerare trei versiuni ale principiului antropic definite de ei.

Principiul antropic slab (PAS)

> Valorile observate ale tuturor cantităţilor fizice şi cosmologice nu sunt la fel de probabile, ci sunt constrânse de faptul că există zone în univers unde viaţa bazată pe carbon poate evolua şi de faptul că universul e suficient de vechi încât acest lucru să se fi petrecut deja.

Barrow şi Tipler se angajează în discuţii ştiinţifice şi filozofice despre subiecte precum abordarea bayesiană a vârstei şi dimensiunii necesare unui univers pentru a permite evoluţia formelor de viaţă bazate pe carbon de nivelul fiinţelor umane, capabile să observe acest univers. Cu alte cuvinte, caracteristicile universului pe care-l putem observa sunt de aşa natură încât îl putem observa. Este o tautologie care nu explică nimic.

Principiul antropic tare (PAT)

> Universul trebuie să aibă acele proprietăţi care permit apariţia vieţii într-un moment oarecare din istoria sa.

Ceea ce deosebeşte acest principiu de PAS este cuvântul „trebuie“. Potrivit lui Barrow şi Tipler, există trei interpretări ale sale.

a. Universul proiectat inteligent

> Există un singur univers posibil proiectat cu scopul de a genera şi susţine observatori.

Această interpretare extinde argumentele în favoarea unui proiect inteligent al primei celule la întregul univers şi se confruntă cu obiecţii asemănătoare. Nu le voi repeta, ci pur şi simplu îmi voi reitera concluzia că această abordare se află în afara tărâmului empiric al ştiinţei şi că, fără a renunţa la ideea existenţei altor posibilităţi, ar trebui mai degrabă să căutăm o explicaţie naturală decât să invocăm o cauză supranaturală precum Dumnezeu sau alt proiectant inteligent necunoscut sau incognoscibil.

b. Universul participativ

> Pentru ca universul să existe sunt necesari observatori.

Această perspectivă se bazează pe interpretarea dependentă de conştienţă a mecanicii cuantice dată de John Wheeler, pe care am discutat-o în paginile 120 şi 121, şi face trimitere la speculaţia

filozofică a cauzalităţii inverse, care susţine că un efect îşi poate preceda în timp cauza. Această idee are susţinători şi opozanţi printre filozofi. Nimeni nu a arătat cum ar putea fi falsificată prin experiment sau observaţie, astfel încât se situează în afara tărâmului ştiinţei.

Pg.285

Ideea de univers participativ presupune că întregul cosmos nu a existat înainte ca strămoşii noştri din paleolitic să fi observat funcţia de undă a universului şi astfel să-l colapseze într-o realitate observabilă. Adică strămoşii noştri din paleolitic au creat universul observabil.

Analizând raţional această conjectură, cred că Antony Flew şi alţi filozofi au dreptate atunci când spun că retrocauzalitatea e o contradicţie logică şi că, astfel, universul participativ este în esenţă incoerent. Acest concept este de asemenea incompatibil cu interpretarea general acceptată a observaţiilor care arată că universul are o vechime de cel puţin 10 miliarde de ani.

c. Multiversul

Pentru ca universul nostru să existe este nevoie de un ansamblu de alte universuri.

Potrivit acestei interpretări a principiului antropic tare, oricât de improbabil ar fi ca o primă celulă să fi apărut pornind de la interacţiunea moleculelor simple din supa primordială, acest lucru trebuie să se fi petrecut pe o planetă situată într-unul dintr-o infinitate de universuri existente, iar noi s-a întâmplat să ne aflăm pe acea planetă din acel univers.

Am examinat cele patru versiuni principale de multiversuri propuse atunci când mi-am pus întrebarea de ce cosmosul s-a manifestat sub o anumită formă, având în vedere că există atât de multe alte forme posibile din punct de vedere logic, ajungând la concluzia că nici una dintre aceste versiuni nu e testabilă şi deci nu e ştiinţifică[132] În consecinţă, cei care susţin că celula proiectată inteligent nu e falsificabilă şi, astfel, nu e ştiinţifică nu pot argumenta în mod logic că ideea multiversului e ştiinţifică decât dacă arată cum poate fi testată.

Barrow şi Tipler propun o a treia versiune, care nu a fost luată în considerare de Carter.

Principiul antropic final

Procesarea inteligentă a informaţiei trebuie să apară în univers şi, odată ce a apărut, nu va dispărea niciodată.

Pg.286

Aceasta este mai curând o speculaţie metafizică referitoare la viitor

decât un principiu fizic.

Un alt argument împotriva principiului antropic în general este oferit de Roger Penrose, care spune că acesta „este invocat de teoreticieni de fiecare dată când nu au o teorie suficient de bună pentru explicarea faptelor observate".[22]

Emergenţa cuantică

Am citat criticile formulate de McFadden cu privire la multe dintre propunerile expuse mai sus. El consideră că nici una dintre ipotezele supei primordiale nu este validă, deoarece, pe lângă alte motive, prima entitate autoreplicantă esenţială apare ca rezultat al termodinamicii. Totuşi, mişcarea moleculară aleatorie va produce inevitabil atât de multe reacţii, încât şansele împotriva alcătuirii aleatorii a unei entităţi capabile de autoreplicare sunt imposibil de mari.

De exemplu, chiar şi după adoptarea unei serii de supoziţii favorabile, McFadden a calculat că probabilitatea ca din supa moleculară să apară cea mai simplă peptidă autoreplicantă prin reacţii aleatorii este de 1 la 10^{41}, adică practic nulă.

McFadden crede că producerea unei astfel de peptide trebuie să fie dirijată. Ceea ce nu înseamnă că e nevoie de un proiectant inteligent. Dacă există condiţii potrivite, acest proces poate fi realizat mai degrabă prin mecanisme ale mecanicii cuantice decât prin cele ale termodinamicii.[23]

Aşa cum am văzut în capitolul 6, când am vorbit despre realitatea lumii cuantice133, teoria cuantică spune că o particulă subatomică este în acelaşi timp o particulă şi o undă informaţională nelocalizată: este infinită ca întindere şi cuprinde toate stările de existenţă posibile pentru acea entitate cuantică; acest lucru este cunoscut drept stare de superpoziţie cuantică.

McFadden nu susţine interpretarea multiversului propusă de Everett134, deoarece încalcă flagrant testul parcimoniei este însă de acord cu perspectiva potrivit căreia numai în momentul măsurării funcţia de undă colapsează la probabilitatea ca o particulă fizică să aibă poziţie, impuls şi energie, ceea ce-i permite să intre în realitatea clasică pe care o percepem.

McFadden nu favorizează nici interpretarea de la Copenhaga135 şi nici ipoteza wheeleriană a observatorului conştient136 pentru explicarea măsurării şi colapsului undei cuantice. De asemenea, respinge şi interpretarea bazată pe unda-pilot a lui Bohm (detaliile acestei teorii nu ne interesează aici).

Pg.287

În locul acestora, McFadden favorizează interpretarea zurekiană a de- coerenţei cuantice, conform căreia entităţile rămân în starea

cuantică doar atâta timp cât funcţiile lor de undă sunt coerente; imediat ce se petrece o interferenţă, acestea îşi pierd coerenţa şi colapsează în realitatea clasică. Întreaga lume apare ca o realitate clasică, fiindcă orice sistem deschis este bombardat cu fotoni, electroni şi alte particule, iar corelarea cuantică cu atât de multe entităţi produce decoerenţa şi colapsul stărilor de superpoziţie. Prin urmare, corelarea cu mediul înconjurător, nu observatorul, măsoară sistemul cuantic şi îi provoacă colapsul.

Pentru ca ideea de decoerenţă cuantică să fie compatibilă cu apariţia unei peptide autoreplicante din supa primordială, McFadden face trei presupuneri-cheie:

1. Supa moleculară primordială este de dimensiuni microscopice şi este conţinută într-o structură minusculă, asemănătoare cu un por de rocă sau cu o picătură de ulei, care serveşte ca un fel de protocelulă ce protejează coerenţa stărilor cuantice din interior.
2. Molecule noi, inclusiv aminoacizi recent generaţi, se împrăştie în interiorul şi în afara acestei protocelule.
3. Sistemul rămâne în starea cuantică şi, astfel, în loc de încorporarea clasică a unui singur aminoacid pentru a genera o singură peptidă, fiecare încorporare de aminoacid produce o superpoziţie cuantică a tuturor peptidelor posibile.

În procesul de încorporare a unui aminoacid, fiecare peptidă se cuplează cu mediul său înconjurător în aşa fel încât, prin decoerenţă, îşi transformă starea cuantică într-o stare clasică. După aceea

> ar avea libertatea să alunece încă o dată în tărâmul superpoziţiei cuantice şi să aştepte următoarea măsurare [...]. Acest proces de alunecare în tărâmul cuantic, de aşteptare a următoarei măsurări, de colapsare în starea clasică [de particulă] şi de alunecare înapoi în tărâmul cuantic ar fi continuat [...] pentru a prelungi superpoziţia cuantică de peptide posibile până în momentul în care sistemul ar fi colapsat în mod ireversibil într-o stare clasică.

Însă tot acest mecanism depinde de presupunerea lui McFadden că

> deşi peptida rămâne o singură moleculă, *ea ar putea întotdeauna să reintre în tărâmul cuantic după măsurare* [sublinierea îi aparţine].

Pg.288

Alunecarea repetată în starea cuantică e discutabilă, căci acest lucru nu e făcut de aceeaşi moleculă. În contradicţie cu supoziţia lui McFadden, potrivit căreia peptida sa ipotetică „ar ieşi nealterată din procesul de măsurare", aceeaşi peptidă încorporează în fiecare stadiu câte un aminoacid, modifi- cându-şi astfel compoziţia moleculară.

În opinia lui McFadden, procesul colapsează în mod ireversibil în

starea clasică atunci când o peptidă autoreplicantă e produsă în starea de superpoziţie. El recunoaşte că probabilitatea ca această peptidă, şi nu alta, să colapseze în realitatea clasică este egală cu probabilitatea de producere a peptidei respective în condiţiile termodinamice ale supei primordiale, adică de 1 la 10^{41}.

El sugerează că o explicaţie ar fi invocarea multiversului cuantic al lui Everett, pe care l-a respins anterior, considerându-l „absurd": toate colapsurile superpoziţiilor cuantice se petrec într-un univers diferit, iar noi se întâmplă să ne aflăm în universul în care peptida clasică generată este cea autoreplicantă. Totuşi, probabilitatea ca acest lucru să se petreacă oriunde altundeva în acelaşi univers este de 1 la 10^{41}-1. Prin urmare, dacă ar exista viaţă oriunde altundeva în universul nostru (şi mulţi astrobiologi cred că s-ar putea găsi destul de aproape de noi: pe Europa, unul dintre sateliţii naturali ai lui Jupiter), ipoteza sa ar fi contrazisă.

Ca o explicaţie alternativă, McFadden invocă inversul efectului cuantic Zenon, prin care o serie densă de măsurători cuantice ale unui sistem de-a lungul unei căi particulare pot atrage sistemul pe acea cale, şi nu pe nenumărate alte căi făcute posibile de lipsa măsurătorii.

Pentru ca acest lucru să funcţioneze, McFadden face încă două presupuneri:

4. Secvenţa mişcărilor electronilor şi protonilor din interiorul şi din afara moleculelor, care generează reacţiile chimice ce au ca rezultat primul autoreplicator, nu sunt diferite, la nivel cuantic, de mişcările electronilor şi protonilor într-un spaţiu vid.

5. Măsurătorile cuantice realizate de protoenzime asupra peptidelor aflate în stare de superpoziţie nu sunt diferite în esenţă de măsurătorile cuantice realizate de lentilele polarizate asupra fotonilor.

În consecinţă, aceste măsurători ghidează sistemul chimic de-a lungul unei căi care modifică probabilitatea de 1 la 10^{41} de a produce prima peptidă autoreplicantă. După aceea, peptida autoreplicantă ineficientă produce mutanţi care, potrivit selecţiei naturale ultradarwiniene, conduc la o creştere treptată a abilităţii de autoreplicare. Aceşti autoreplicatori devin mai eficienţi adoptând nişte membrane lipidice pentru a se proteja de mediul înconjurător şi evoluează până la stadiul de proteine enzimatice mai eficiente care se transformă la rândul lor în celule mult mai eficiente.

Pg.289

Aceste ultime două presupuneri sunt rezonabile în sensul în care sunt concordante cu alte principii ştiinţifice fundamentate empiric. Dar în general ipoteza sa nu are un fundament empiric. Dimpotrivă, ori de câte ori cercetătorii au încercat să reproducă acest proces în

laborator, folosind en- zime pentru a copia molecule ADN sau ARN, după câteva sute de cicluri au apărut uneori replicatori mai eficienţi, dar sub formă de molecule mai mici şi mai simple. Sistemul nu evoluează niciodată în direcţia opusă, către o mai mare complexitate, care ar fi necesară producerii unei celule şi care este direcţia urmată de evoluţia biologică. Acelaşi lucru se întâmplă şi în cazul simulărilor computerizate.

McFadden nu se lasă însă descurajat. El crede că problema constă în dificultatea izolării reactanţilor din mediul înconjurător pentru menţinerea coerenţei cuantice şi speculează că prima formă de viaţă celulară a fost un autoreplicator simplu ce adăpostea în sine microsfere de dimensiuni nanometrice, nu foarte diferit de nanobacteriile găsite în rocile terestre subterane.

Prin urmare, experimentele de laborator trebuie să imite condiţiile care menţin coerenţa cuantică, folosind elemente precum nanotuburi de carbon, adică foi de carbon de grosimea unui atom rulate sub forma unui cilindru al cărui diametru este de aproximativ 50.000 de ori mai mic decât cel al unui fir de păr uman.

Tot aşa, simulările computerizate vor funcţiona numai pe computere cuantice care folosesc fenomene mecanice cuantice, precum superpoziţia sau corelarea, desfăşurând astfel operaţii care nu sunt limitate de valori binare.

Ambele tehnologii se află încă în primele etape de dezvoltare.

Complexitatea autoorganizată

Când Smolin şi Capra şi-au articulat definiţiile despre viaţă, s-au bazat pe teoria complexităţii formulată de Stuart Kauffman, un medic devenit biochimist, asociat Institutului Santa Fe, o organizaţie interdisciplinară dedicată studiului sistemelor complexe.

În 1995, Kauffman a propus ipoteza potrivit căreia viaţa s-ar fi dezvoltat dintr-o supă primordială (ce conţinea miliarde de tipuri diferite de molecule) pe baza unui proces de complexitate autoorganizată.[24] El presupune că într-o asemenea supă o moleculă A catalizează producerea unei alte molecule, B, care devine mult mai abundentă în supă. B catalizează la rândul său producerea lui C, care catalizează producerea lui D şi aşa mai departe, producând seria A → B → C → D → E → F → G etc. Kauffman presupune mai departe că o moleculă din această serie, să zicem F, catalizează şi producerea moleculei A, determinând închiderea unui ciclu catalitic A → B → C → D → E → F → A, pe care îl numeşte set

Pg.290

autocatalitic. Acest set se autoperpetuează continuu hrănindu-se cu materie brută din supa primordială cu ajutorul energiei asigurate de lumina solară sau de fisurile vulcanice, ducând astfel la creşterea concentraţiei acestor molecule în supa primordială.

Apoi, Kauffman presupune că o moleculă din acest set, să zicem D, catalizează şi producerea altor molecule, de exemplu A, E şi aşa mai departe. Astfel apare o reţea de seturi autocatalitice autosuficiente.

Kauffman ilustrează acest tipar de creştere a reţelelor printr-o analogie cu nasturii şi aţele. Dacă legi la întâmplare câte doi nasturi pe o aţă şi faci mai departe acest lucru cu mai multe perechi de nasturi, vei ajunge inevitabil să legi unii nasturi de alţii care sunt deja legaţi.

Numărul nasturilor din cel mai mare grup de nasturi legaţi reprezintă o măsură a gradului de complexitate la care poate ajunge sistemul, după cum arată figura 15.1, unde Kauffman generalizează fenomenul numind fiecare nasture „nod“ şi fiecare legătură „muchie“.

Dimensiunea celui mai mare grup creşte lent la început, deoarece majoritatea nasturilor nu au multe legături. Dar când numărul de aţe se apropie şi apoi trece de jumătate din numărul de nasturi dimensiunea celui mai mare grup creşte extrem de rapid, deoarece, cum majoritatea nasturilor fac acum parte din grupuri, există o mare probabilitate ca fiecare nou grup să lege un grup mai mic de cel mai mare grup. Astfel, un supergrup formează foarte rapid o reţea în care sunt cuprinşi cei mai mulţi nasturi. Apoi dimensiunea acestei mari reţele va creşte lent, deoarece vor mai rămâne foarte puţini nasturi care să nu facă parte deja din reţea.

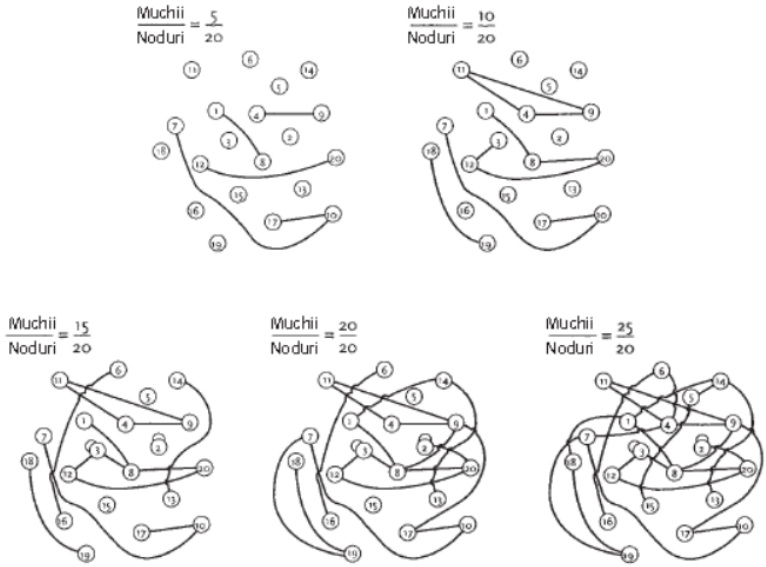


Figura 15.1 „Modelul nasturilor" de formare a reţelelor elaborat de Kauffman, în care nasturii sunt numiţi noduri, iar muchiile reprezintă aţele care leagă nasturii într-o reţea.

Pg.291

Figura 15.2 ilustrează ceea ce Kauffman numeşte tranziţie de fază a reţelei, prin analogie cu, să zicem, tranziţia de fază de la apă la gheaţă. Un sistem de înaltă complexitate, precum reţeaua compusă din părţi interconectate ale unei celule, apare brusc din reţelele ce alcătuiesc celula, care au crescut prin legăturile formate între reţelele autosuficiente şi autocatalitice de molecule. Acest sistem de înaltă complexitate e stabil, deoarece nu mai există loc pentru alte schimbări.

După Kauffman, când acest mecanism operează în supa primordială, elimină necesitatea de a construi un lanţ lung de evenimente chimice improbabile. Viaţa, ca set autocatalitic supercomplex şi autosuficient, apare brusc ca tranziţie de fază. „Viaţa se cristalizează într-o diversitate moleculară critică, deoarece închiderea catalitică cristalizează la rândul ei."

Această ipoteză este compatibilă mai curând cu ideea de evoluţie sub formă de reţea decât cu cea a evoluţiei sub formă de arbore genealogic, despre care am discutat anterior. Totuşi, Kauffman recunoaşte că „până în prezent există puţine dovezi experimentale care să susţină această perspectivă".

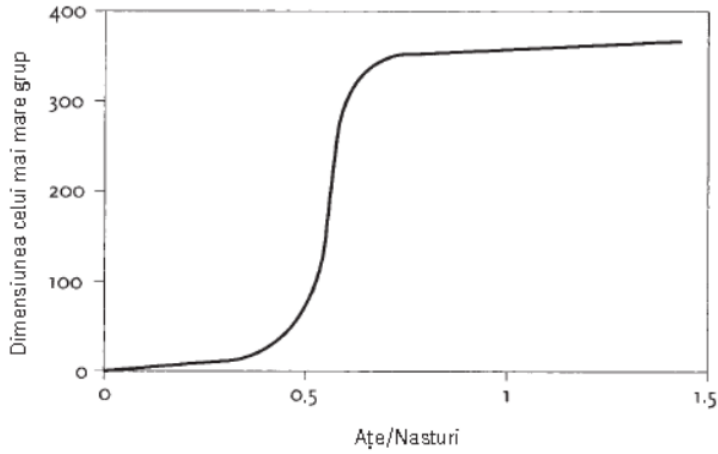


Figura 15.2 Tranziţia de fază a reţelei conform interpretării lui Kauffman. Pe măsură ce creşte numărul de aţe (de legături), se produce o tranziţie abruptă de la starea în care există mulţi nasturi fără legături la starea în care aproape fiecare nasture face parte din reţea.

Pg.292

Ipoteza complexităţii autoorganizate este coerentă intern şi furnizează coerenţă externă prin faptul că este compatibilă cu modelele computaţionale. Dar, din păcate, asta e tot.

Modelul propus de Kauffman nu explică cum apar moleculele catalitice A, B, C etc. După cum am văzut mai sus, chiar şi în condiţii favorabile, probabilitatea ca din supa moleculară să apară cea mai simplă peptidă autoreplicantă prin reacţii aleatorii este de 1 la 10^{41}.

Edward O. Wilson conchide că, în acest context, deşi s-ar putea să se afle pe calea cea bună, teoriile complexităţii au neajunsul că nu ţin cont de detaliile biologice.

> Dificultatea de bază, ca să spunem lucrurilor pe nume, este reprezentată de insuficienţa faptelor. Teoreticienii mecanismului complexităţii nu au încă suficiente informaţii pentru a le transpune în spaţiul cibernetic. Postulatele de la care pornesc au în mod clar nevoie de mai multe detalii. Concluziile lor de până acum sunt prea vagi şi generale pentru a fi altceva decât nişte simple metafore, iar concluziile lor abstracte ne spun foarte puţine lucruri cu adevărat noi.[25]

În opinia lui McFadden,

> apariţia spontană a seturilor autocatalitice e posibilă numai în cazul computerelor, unde fiecare set poate fi izolat de amestecul de reacţii din jurul său. În supele chimice reale, fiecare componentă este prinsă în mii de reacţii secundare care în mod inevitabil diluează şi împrăştie oricare set autocatalitic

emergent.

Mai departe, McFadden aduce o obiecţie teoretică, pe care o consideră mai importantă, la teoria complexităţii ca ipoteză pentru explicarea apariţiei vieţii. Autoorganizarea manifestată de cicloane sau de alte fenomene

> este generată de interacţiunea aleatorie a miliarde de molecule. Acestea sunt fenomene ce antrenează un număr imens de particule şi au structură numai la scară macroscopică; la nivel molecular, există doar haos şi mişcare aleatorie. Dar celulele au structuri ordonate ce merg până la nivelul particulelor elementare. Structura macroscopică a celulelor vii nu e generată de mişcare incoerentă şi aleatorie.[26]

Cred că Wilson are dreptate să spună că, aşa cum s-a dezvoltat până acum, teoria complexităţii autoorganizate este prea abstractă şi dependentă de modelele computaţionale pentru a putea furniza o ipoteză fundamentată empiric. Se speră că perfecţionarea acestor modele prin raportare la datele empirice va permite identificarea unor noi legi mai profunde care vor explica apariţia vieţii din materia neînsufleţită.

Pg.293

Teoria emergenţei

Smolin şi Capra se bazează de asemenea pe teoria emergenţei articulată de Harold Morowitz, profesor de biologie şi filozofie naturală la Universitatea George Mason, care crede că legi mai profunde vor explica apariţia complexităţii din procesele biochimice tot aşa cum, la nivel cuantic, principiul de excluziune al lui Pauli alege dintr-o gamă incredibil de largă de posibilităţi un mic set de stări de energie ale electronilor dintr-un atom care explică apariţia unui total de 118 elemente137.

Timp de mulţi ani, Morowitz a căutat caracteristicile unificatoare ale principalelor reacţii biochimice pe care organismele vii le desfăşoară în celulele lor, deoarece consideră că reacţiile de tip metabolic reprezintă principala şi cea mai veche caracteristică a vieţii, deşi în influenta sa carte[27] nu defineşte niciodată metabolismul sau viaţa.

Dacă am înţeles corect, Morowitz speculează că procesul apariţiei vieţii a început atunci când fluxul energetic dintr-o reţea de seturi autocatalitice de molecule primordiale a dus la apariţia metabolismului (probabil asta e ceea ce specialiştii teoriei complexităţii au definit drept seturi autocatalitice autosuficiente).

Morowitz identifică câteva probleme. În primul rând, „pornind de la 20 de aminoacizi produşi în mod natural, o catenă de 100 de aminoacizi poate fi una din 20^{100} de posibilităţi [...], ceea ce e mai

mult decât 10^{101} [...]. Multe dintre aceste secvenţe vor fi catalitice pentru o gamă largă de reacţii“. Ele trebuie să fie favorizate de selecţia naturală.

În al doilea rând, problemele legate de construirea unor structuri precum celulele procariote cu funcţii specifice sunt de ordin arhitectural (structuri tridimensionale care determină unde se produc reacţiile chimice), chimic (ce molecule şi în ce mod reacţionează între ele) şi informaţional (un set de procese prin care „secvenţele de aminoacizi pot fi codificate în secvenţe de nucleotide“, adică ADN şi ARN). Toate aceste funcţii trebuie să fie selectate dintr-un număr inimaginabil de mare de posibilităţi.

În consecinţă, apariţia vieţii implică „multe, multe apariţii“ ce au loc în intervale de timp care, geologic vorbind, sunt aproape instantanee.

Morowitz admite că înţelegerea emergenţelor intermediare „este supusă cercetării experimentale şi teoretice a lumii reţelelor chimice, studiului fizic al macromoleculelor şi unei sondări mai adânci a proprietăţilor sistemului". Adică, în spatele ipotezei, nu există încă nici un fundament empiric şi nici o teorie adecvată.

Pg.294

1. Explicaţia ortodoxă a biochimiei cu privire la apariţia vieţii pe Pământ din molecule complexe alcătuite din până la 13 atomi care se aflau sau au fost depozitate pe Pământul nou format este că energia solară şi fulgerele au făcut ca astfel de molecule din atmosfera Pământului timpuriu să producă cei 20 de aminoacizi care s-au dizolvat în oceane. După sute de mii dacă nu chiar milioane de ani, reacţii aleatorii au produs primul autoreplicator, o moleculă de ARN care putea să aibă rol de catalizator pentru a se reproduce pe sine şi pentru a genera proteine. Selecţia naturală ultradarwiniană a favorizat descendenţii mutanţi mai eficienţi în autoreproducere, ducând la recrutarea de proteine pentru a forma o membrană protectoare şi eventual molecule de ADN care depozitează mai eficient informaţia genetică. Astfel s-a ajuns la o primă celulă. Totuşi, această ipoteză, asemenea celei potrivit căreia autoreplicatorul primordial a fost o peptidă autoreplicantă, nu este susţinută de nici o dovadă empirică. Peste 60 de ani de încercări de a genera viaţă din aceste molecule primordiale în condiţii considerate asemănătoare cu cele de pe Pământul timpuriu nu au reuşit să producă ceva cât de cât asemănător cu un autoreplicator, şi cu atât mai puţin cu o celulă vie.

2. În plus, aceste ipoteze nu sunt valide deoarece, pe lângă alte motive, este extrem de puţin probabil ca reacţii aleatorii petrecute într-o soluţie apoasă să fi putut produce molecule

autoreplicante de ARN sau de peptide, şi cu atât mai puţin molecule care au doar izomeri aminoacizi levogiri, de genul celor aflate în celule.

3. Ideea că prima celulă a evoluat în urma unui proces caracterizat prin complexitate autoorganizată nu reuşeşte nici ea să explice apariţia moleculelor catalitice (pe care se bazează însăşi ipoteza) din numărul imens de reacţii aleatorii ale moleculelor prezente în supa primordială. Dezvoltarea ulterioară a acestei teorii este mult prea abstractă şi desprinsă de detaliile biologice pentru a oferi o explicaţie convingătoare privind apariţia vieţii.

Pg.295

4. Ipoteza potrivit căreia prima celulă a pornit de la cristale autoreplicante de argilă prezente pe suprafaţa Pământului timpuriu şi că s-au înregistrat apoi progrese prin catalizarea eficientă a reacţiilor petrecute pe suprafaţa bidimensională încărcată electric a cristalelor de argilă este o conjectură interesantă, dar care nu explică în mod corespunzător etapele-cheie şi nu are fundamentare experimentală; în plus, este practic imposibil să se obţină dovezi fosile. Acelaşi lucru este valabil şi în cazul ipotezei potrivit căreia procesul care a dus la apariţia vieţii a fost facilitat de efectul catalizei bidimensionale din cursul formării piritelor de fier în apropierea fisurilor termale suboceanice; primul pas necesită conversia dioxidului de carbon în compuşi de carbon, fenomen pentru care încă nu există dovezi empirice.

5. Ipoteza că viaţa a sosit pe Pământ din spaţiul cosmic sub formă de spori bacterieni sau de bacterii aflate în interiorul cometelor sau asteroizilor nu ne spune nimic despre apariţia vieţii. În plus, astfel de ipoteze fie s-au dovedit false în urma probelor contradictorii, fie se bazează pe presupuneri foarte discutabile pentru care nu există nici o dovadă. Acelaşi lucru este valabil şi în cazul ideii că viaţa a luat naştere în comete.

6. Ideea că prima celulă e ireductibil de complexă şi nu ar fi putut să apară decât în urma unui proiect inteligent nu este susţinută de probe; nu e falsificabilă şi deci nu reprezintă o explicaţie ştiinţifică.

7. Nici invocarea principiului antropic nu oferă o explicaţie ştiinţifică. Principiul antropic slab nu aduce nici o contribuţie. Cele trei interpretări ale versiunii principiului antropic tare nu sunt testabile şi sunt fie neconvingătoare, fie tot atât de coerente cât multe alte credinţe şi intuiţii neştiinţifice.

8. Ipoteza potrivit căreia primul autoreplicator organic a provenit din molecule primordiale într-un mediu microscopic natural prin intermediul mecanicii cuantice, şi nu prin legile termodinamicii, depinde de o interpretare particulară, deşi

rezonabilă, a teoriei cuantice. Totuşi, în forma sa actuală, această ipoteză este incoerentă şi încă nefundamentată experimental.

9. Ideea că echivalente biochimice ale principiului de excluziune al lui Pauli ar putea explica procesul ce duce de la molecule simple generate aleatoriu la apariţia unei celule vii este atractivă, dar nimeni nu a sugerat ce fel de legi mai profunde ar putea realiza acest lucru.

10. La fel ca în cazul apariţiei materiei, foarte probabil ştiinţa nu poate să explice apariţia vieţii.

Dacă ştiinţa nu poate şi nu va putea explica apariţia vieţii, ne poate spune oare cum a evoluat?

CAPITOLUL 16
Dezvoltarea ideilor ştiinţifice despre evoluţia biologică

Dacă ar trebui să acord un premiu pentru cea mai bună idee pe care a avut-o cineva vreodată, i l-aş acorda lui Darwin, înaintea lui Newton sau a lui Einstein sau a oricui altcuiva.

Daniel C. Dennett, 1995

În ştiinţă, meritul îi aparţine celui care convinge lumea, nu celui căruia i-a venit pentru prima oară ideea.

Sir Francis Darwin, 1914

Înainte de a evalua perspectiva ştiinţifică actuală cu privire la evoluţia vieţii, cred că trebuie să reafirm ce anume înţeleg prin evoluţie, deoarece mulţi oameni de ştiinţă echivalează acest termen cu evoluţia biologică şi, dintre aceştia, mulţi asociază fenomenul evoluţiei biologice doar cu unul dintre mecanismele sale posibile: selecţia naturală. Acest cuvânt are o semnificaţie mai largă, aşa cum am văzut în partea întâi, când am vorbit despre evoluţia materiei.

evoluţie Un proces de schimbare prin care trece un anumit lucru, mai ales de la o stare simplă la una mai complexă.

Mai întâi voi arăta cum anume principalele idei despre viaţă au condus la explicaţia ortodoxă actuală a evoluţiei biologice. În următoarele două capitole voi examina ce ne spun dovezile actuale, iar în capitolele următoare voi evalua explicaţia ortodoxă actuală a dovezilor şi ipotezele ce caută să modifice sau să pună în discuţie această explicaţie.

IDEILE PREEVOLUŢIONISTE

Aristotel

În secolele al XIII-lea şi al XlV-lea, Occidentul a redescoperit informaţii despre gândirea lui Aristotel, datând din secolul al IV-lea î.Hr., şi a observat că acesta realizase o amplă clasificare a fiinţelor vii. Pornind de la o diviziune clasică între plante şi animale, Aristotel împărţise animalele în cele care au şi cele care nu au sânge roşu (distincţie care corespunde distincţiei moderne între vertebrate şi nevertebrate). Apoi grupase animalele cu trăsături asemănătoare în genuri, iar genurile, în specii.

Pg.297

Creaţionismul

La începutul dezvoltării ştiinţei occidentale din filozofia naturală, aproape toţi cei care o practicau erau creştini. Cea mai mare parte a oamenilor de ştiinţă din secolul al XVIII-lea[138] credeau în adevărul Bibliei iudeo-creştine, conform căreia Dumnezeu a creat toate speciile, care astfel au rămas neschimbate de atunci. Începând cu anul 1701, versiunea autorizată a Bibliei (cea a regelui Iacob) avea tipărit pe marginea textului calculul larg acceptat al arhiepiscopului Ussher potrivit căruia creaţia avusese loc în urmă cu 6.000 de ani[139].

Linné

Clasificarea speciilor sau taxonomia aristotelică nu a suferit foarte multe schimbări până în 1735, când medicul şi botanistul suedez Carl Linné - cunoscut şi după numele său latinizat, Carolus Linnaeus (aproape toate scrierile ştiinţifice erau în latină) -, a publicat Systema Naturae (Sistemul naturii), lucrare care grupa speciile după caracteristicile lor fizice. În ediţiile următoare, Linne a clasificat lumea naturală într-o ierarhie care începea cu trei regnuri (animal, vegetal şi mineral) şi progresa până la specia cu rangul cel mai înalt, omul. Tabelul 16.1 arată unde era plasat omul în clasificarea lui.

Acest lucru a iscat controverse, deoarece dădea de înţeles că suntem o simplă parte a naturii şi că ne înrudim cu maimuţele.

Totuşi, Linne considera că rolul său e acela de a clasifica diferitele specii create de Dumnezeu, deşi mai târziu a fost tulburat de faptul că încrucişarea dintre unele specii de plante duce la apariţia de hibrizi care nu mai existaseră vreodată. Era aproape să propună evoluţia, dar a conchis că hibrizii sunt produsul speciilor pe care Dumnezeu le crease la începutul lumii.[1]

Sistemul taxonomic al lui Linne se mai foloseşte şi astăzi, deşi biologii, zoologii, paleontologii, antropologii, geneticienii şi specialiştii în biologie moleculară au extins ierarhia şi au dezvoltat bazele clasificării pornind doar de la morfologie.

Tabelul 16.1 Clasificarea omului în concepţia lui Linne.

Clasificare	Nume	Scurtă descriere	Exemple
Imperium [Imperiu]		Tot ce există în natură	Animale, plante şi minerale
Regnum [Regn]	*Animalia* [Animale]	Fiinţe vii care se deplasează	Mamifere, păsări, amfibieni, insecte, viermi
Classis [Clasă]	*Mammalia* [Mamifere]	Animale care-şi hrănesc puii cu lapte produs de glandele mamare	Oameni, maimuţe, maimuţe antropoide, lilieci, câini, pisici, vite
Ordo [Ordin]	*Primates* [Primate]	Primul ordin de mamifere din ierarhia naturală	Oameni, maimuţe, maimuţe antropoide, lilieci
Genus [Gen]	*Homo* [Om]	Toate speciile omeneşti	Omul modern şi *Homo troglodytes* (oamenii peşterilor)
Species [Specie]	*Homo sapiens* [Om înţelept]	Cea mai înaltă formă a creaţiei lui Dumnezeu	Omul modern
[Fără nume]	Rasă	Varietăţi de om	European, american, asiatic, african, monstruos (piticul alpin, uriaşul patagonian etc.)

DEZVOLTAREA IDEILOR EVOLUŢIONISTE

De Maillet

În secolul al XVIII-lea câţiva intelectuali, influenţaţi de geologii care sugerau că Pământul e considerabil mai bătrân decât se afirmă în Biblie, au speculat că speciile s-au schimbat. Am putea afirma că primul susţinător modern al evoluţiei biologice şi al existenţei unui strămoş din care provin specii radical diferite de animale a fost diplomatul şi istoricul naturalist francez Benoît de Maillet. Ipoteza sa că Pământul are o vechime de 2,4 miliarde de ani şi că viaţa a început în ape puţin adânci a fost expusă în Telliamed, lucrare publicată postum în anul 1748.[2]

Buffon

Începând din anul 1749 şi până la moartea sa, în 1788, istoricul naturalist francez Georges Louis Leclerc, conte de Buffon, a creat o operă impresionantă în 44 de volume, intitulată *Histoire Naturelle*, din care ultimele opt volume au fost completate de un coleg în anul 1804. Produs al Iluminismului francez, Buffon s-a bazat pe ideile lui Isaac Newton şi pe observaţiile detaliate ale mai multor oameni de ştiinţă pentru a afirma că întreaga lume naturală, de la formarea Pământului la producerea diferitelor specii, presupune fenomene naturale care ar putea fi explicate pornind de la forţe naturale ce se supun unor legi

naturale.

Pg.299

Buffon a anticipat ştiinţa biogeografiei observând diferenţele dintre speciile ce trăiesc în regiuni diferite. Ideile sale cu privire la transformarea speciilor sunt exemplificate prin observarea (bazată pe dovezi destul de discutabile) faptului că animalele din Lumea Nouă sunt mai mici şi mai firave decât omoloagele lor din Lumea Veche. Buffon a atribuit această degenerare factorilor transformatori, precum clima, hrana şi domesticirea. Totuşi, un astfel de transformism biologic nu producea specii noi.[3]

Erasmus Darwin

Erasmus Darwin, bunicul lui Charles Darwin, a fost medic, poet, aboliţionist şi liber cugetător radical care a adus contribuţii importante în medicină, fizică, meteorologie, horticultura şi botanică. A recunoscut influenţa mai multor surse, inclusiv cea furnizată de „ingeniosul domn Buffon“, atunci când şi-a exprimat punctul de vedere cu privire la evoluţia biologică în primul volum, publicat în 1794, al lucrării sale *Zoonomia, or, the Laws of Organic Life* [„Zoonomia; sau legile vieţii organice“], care a avut onoarea să fie interzisă apoi de către papă. Erasmus Darwin a mers mai departe decât Buffon, speculând că toate animalele cu sânge cald au provenit dintr-un „filament viu [...] înzestrat cu animalitate, capabil să dobândească părţi noi [...] şi având capacitatea de a continua să se perfecţioneze prin propria sa activitate ine- rentă“ şi că aceste îmbunătăţiri sunt transmise de la o generaţie la alta.[4]

În *Temple ofNature; or, The Origin ofSociety* [„Templul naturii; sau originea societăţii"], un poem alcătuit din 1.928 versuri, însoţit de note ample şi publicat postum în 1803, Erasmus susţine că gloria umanităţii, inclusiv forţa sa mentală şi simţul moralităţii, îşi are originile în prima formă de viaţă microscopică din adâncul oceanului. Aceasta s-a transformat în diferite specii ca reacţie la o aspiraţie către perfecţiune în diferite medii înconjurătoare. Ultima notă speculează chiar că universul se va sfârşi cu un Big Crunch şi va reapărea pentru a evolua din nou, ca un ciclu într-un univers etern ce funcţionează conform „legilor imuabile întipărite în materie de Marea Cauză a Cauzelor".[5]

Hutton

James Hutton este cel mai bine cunoscut pentru explicaţia sa revoluţionară a felului în care procesele geologice se produc lent pe parcursul unor perioade mari de timp, idee contrară tezei biblice cu privire la vârsta Pământului. El a fost probabil primul care a propus supravieţuirea celui mai adaptat drept cauză a schimbării evolutive. În

1794, cu 65 de ani înainte de Originea speciilor a lui Charles Darwin, Hutton a publicat în *Edinburgh An Investigation of the Principles of Knowledge* [„O investigaţie a principiilor cunoaşterii"], un tratat filozofic în trei volume însumând 2.138 de pagini. Pornind de la experimentele sale în domeniul încrucişării plantelor şi animalelor, în capitolul 3 din secţiunea 13 a volumului 2 Hutton descrie ceea ce Darwin avea să numească mai târziu selecţie naturală:

> Imaginându-ne că între indivizii acestei specii există o varietate nedeterminată, trebuie să fim siguri că, pe de o parte, cei care se îndepărtează cel mai mult de alcătuirea cel mai bine adaptată vor risca să dispară, în timp ce organismele care se apropie cel mai mult de alcătuirea cea mai bună pentru circumstanţele actuale vor fi cel mai bine adaptate să dăinuie, supravieţuind şi înmulţindu-şi specia.

Drept exemplu, Hutton spune că în cazul câinilor, care nu se bazează pentru a supravieţui decât pe rapiditatea picioarelor şi pe ascuţimea vederii, cei cărora nu le funcţionează bine aceste calităţi cel mai probabil vor pieri, pe când cei care sunt cel mai bine înzestraţi cu ele vor fi cel mai bine adaptaţi pentru a supravieţui şi vor lăsa urmaşi asemănători lor. Dar dacă supravieţuirea ar depinde de un simţ olfactiv eficient, aplicând acelaşi „principiu al variaţiei seminale", tendinţa naturală „ar fi să se modifice calităţile animalului şi să se producă o rasă de ogari cu un simţ al mirosului bun, în locul celor care îşi prind prada prin iuţime“.[6]

Lamarck

Specialist în zoologia nevertebratelor şi paleontolog francez, Jean-Baptiste Lamarck avea multe idei asemănătoare cu cele ale lui Erasmus Darwin, chiar dacă nu există dovezi care să sugereze că-şi cunoşteau unul altuia lucrările.

În urma cercetărilor întreprinse, Lamarck a scris cea mai importantă carte a sa, *Philosophie zoologique*, pe care a prezentat-o la Institutul Naţional de Ştiinţe şi Arte în 1809. Cele 903 pagini repetitive şi uneori obscure ale cărţii conţin concepte centrale ale gândirii evoluţioniste moderne. Pornind de la studiile sale pe animale, Lamarck conchide că:

1. În decursul timpului, multe forme de viaţă trebuie să fi fost înlocuite de altele, deoarece le găsim sub formă de fosile şi nu se mai întâlnesc astăzi în natură, în timp ce formele de viaţă actuale nu au rămăşiţe fosile.
2. Animalele pot fi clasificate în funcţie de gradul lor de complexitate.
3. Animalele actuale prezintă o largă varietate de forme.
4. Animalele actuale sunt deosebit de bine adaptate la

mediul lor înconjurător.

Pg.301

El a explicat aceste fenomene afirmând că acţiunea căldurii, luminii şi umidităţii asupra materiei anorganice generează mici granule de materie vie, ipoteză numită astăzi abiogeneză (apariţia vieţii din materie neînsufleţită). Această materie vie are capacitatea inerentă de a manifesta o organizare tot mai complexă. Abiogeneza nu a fost un eveniment unic în istoria Pământului, aşa cum se consideră de regulă astăzi, ci se produce neîncetat, iar diferitele specii pe care le vedem sunt rezultatul unor linii care şi-au început procesul de complexificare în perioade diferite de timp. Homo sapiens este linia cea mai veche, deoarece a atins cel mai înalt grad de complexitate.

El a lansat ipoteza că adaptarea la diferite condiţii de mediu întrerupe această dezvoltare lină a complexităţii pentru a produce marea diversitate de specii din cadrul fiecărui gen. Iată aşadar şi motivul pentru care acest *transformism* sau această evoluţie permite arborilor genealogici să manifeste un progres de la simplu la complex, omul ocupând cea mai înaltă poziţie.

Aceste sugestii materialiste au pus în discuţie credinţele creştine fundamentale potrivit cărora Dumnezeu este cel care a creat fiecare formă de viaţă şi omul deţine o poziţie unică în cadrul creaţiei.

Pentru a-şi susţine teoria evoluţionistă, Lamarck a oferit patru tipuri de dovezi pe care Charles Darwin avea să le folosească cincizeci de ani mai târziu în *Originea speciilor*, registrul fosil, marea varietate a animalelor şi plantelor create de om prin cultivare (Lamarck chiar l-a anticipat pe Darwin menţionând porumbeii rotaţi), prezenţa vestigiilor unor structuri nefuncţionale la multe animale şi prezenţa unor structuri embrionare care nu au corespondent la exemplarul adult.

Cu toate astea, lamarckismul a ajuns ulterior să fie asociat nu cu fenomenul evoluţiei biologice, ci cu mecanismul aflat în spatele său şi descris prin două legi fundamentale în *Philosophie zoologique*. Prima lege spune că organismele se schimbă ca reacţie la schimbările din mediul înconjurător, modificările suferite de mediu influenţează nevoile fiziologice ale organismelor, care provoacă modificări ale comportamentului acestora, în urma cărora unele părţi ale corpului lor sunt folosite mai intens, pe când altele nu mai sunt folosite, ceea ce duce mai departe la creşterea sau diminuarea acelor părţi. A doua lege spune că aceste modificări sunt moştenite. În consecinţă, modificările morfologice foarte mici se cumulează de-a lungul generaţiilor şi produc transformări majore. Drept exemplu, Lamarck spune că girafele au început să-şi alungească gâtul pentru a ajunge la singura hrană disponibilă, frunzele din vârful copacilor. Această alungire treptată a gâtului a fost moştenită şi s-a accentuat de la o generaţie la alta până la specia pe care o cunoaştem astăzi.

Ideea că mediul înconjurător provoacă modificări ereditare în organisme a căpătat abia de curând un fundament empiric în epigeneză, despre care voi vorbi într-un alt capitol.

Ideile lui Lamarck au fost în mare parte ignorate şi ridiculizate în timpul vieţii sale, iar el a murit în sărăcie în 1829.[7]

Geoffroy

Naturalistul francez Etienne Geoffroy Saint-Hilaire era deist: credea că Dumnezeu a creat universul şi apoi l-a lăsat să funcţioneze sub imperiul legilor naturale, fără a mai interveni. Fiind prieten şi coleg cu Lamarck, Saint-Hilaire a apărat şi a dezvoltat teoriile acestuia. Strângând probe din anatomia comparată, paleontologie şi embriologie, Saint-Hilaire a pledat pentru unitatea subiacentă a proiectului tuturor organelor. Prin analogie cu dezvoltarea de la embrionul simplu la adultul complex, a folosit termenul „evoluţie" cu referire la transmutaţia speciilor la nivelul timpului geologic.[8]

Wells

În anul 1813, William Wells, medic şi tipograf american de origine scoţiană, a prezentat o lucrare în faţa Societăţii Regale. Conform biografiei sale, scrisă de J.H.S. Green şi publicată în Nature, Wells „nu numai că a furnizat o teorie a variaţiei, a selecţiei, a descendenţei cu modificări şi a originii raselor omeneşti; el a înţeles, de asemenea, importanţa bolilor în selecţie, un factor trecut cu vederea de Darwin în Originea speciilor“[9]. Lucrarea lui Wells a fost publicată postum în 1818.

Grant

Robert Edmond Grant, biolog radical şi prieten al lui Geoffroy, a fost membru de frunte al Plinian Society din Edinburgh. Darwin a intrat în această societate în 1826, când îşi începea al doilea an al studiilor medicale la Universitatea din Edinburgh, devenind cel mai dedicat student al lui Grant. Grant susţinea cu entuziasm ideile transformiste ale lui Lamarck şi Geoffroy şi a speculat că „transformarea“ ar putea să afecteze toate organismele care au evoluat din modelul primitiv, sugerând o origine comună a plantelor şi animalelor.[10]

Matthew

În 1831, Patrick Matthew, proprietar de pământuri şi pomicultor scoţian, a publicat o carte intitulată *On Naval Timber and Arboriculture* [„Despre lemnul pentru construcţiile navale şi despre arboricultură“].

În anexa cărţii, Matthew şi-a transformat ideea despre cum ar putea selecţia artificială să îmbunătăţească pomii cultivaţi într-o lege universală a selecţiei naturale conform căreia „dacă descendenţii aceloraşi părinţi sunt plasaţi în circumstanţe foarte diferite, aceştia ar putea să devină în câteva generaţii o specie distinctă şi incapabilă de coreproducere“[n].

Pg.303

WALLACE[12]

Educaţia lui Alfred Russel Wallace la gimnaziul din Hertford, din sud-estul Angliei, s-a oprit brusc la vârsta de 14 ani, când părinţii săi l-au retras din cauza dificultăţilor financiare. În timp ce lucra ca topograf şi inginer, a devenit fascinat de lumea naturală. Inspirându-se din cronicile naturaliştilor, inclusiv din jurnalul de călătorie pe vasul *Beagle* al lui Charles Darwin, apărut în 1839, a pornit în propria sa expediţie în America de Sud pentru a colecţiona specimene de plante, insecte şi animale.

Fusese de asemenea impresionat de cartea *Principles of Geology* [„Principiile geologiei"] scrisă de Sir Charles Lyell, care arăta felul în care procese lente şi neîntrerupte pot să aducă modificări majore, şi de *Vestiges of the Natural History of Creation* [„Vestigii ale istoriei naturale a creaţiei"], o lucrare foarte controversată de popularizare a ştiinţei publicată anonim în 1844[140], care susţinea o origine evolutivă a sistemului solar, a Pământului şi a fiinţelor vii. Se pare că aceste opere l-au convins cu privire la transmutaţia speciilor, drept care a început să cerceteze cauzele acesteia. A planificat să-şi finanţeze activitatea prin vânzarea de specimene zoologice colecţionarilor din Anglia.

În 1854, a pornit într-o expediţie de opt ani în arhipelagul malaez (Malaysia şi Indonezia de astăzi), în cursul căreia a început o corespondenţă cu Darwin. În 1858, îi trimite lui Darwin un eseu intitulat „On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely From the Original Type“, cu rugămintea să-l examineze şi să i-l transmită lui Lyell, dacă va considera că e cazul.

Darwin a fost devastat. Cu doi ani înainte îi scrisese prietenului său Lyell: „Urăsc ideea de a scrie pentru întâietate, dar m-ar deranja dacă altcineva ar publica doctrinele mele înaintea mea“[13]. Pe 18 iunie 1858, Darwin îi trimite lui Lyell eseul împreună cu o scrisoare în care spune: „Niciodată nu am văzut o coincidenţă mai izbitoare; dacă Wallace ar fi avut manuscrisul meu din 1842, nu ar fi putut să facă un rezumat mai bun! [...] Deci toată originalitatea mea [...] va fi ruinată"[14].

O săptămână mai târziu, Darwin îi trimite o altă scrisoare lui Lyell, subliniind că:

Pg.304

> Nu există nimic în eseul lui Wallace care să nu fie scris mult mai pe larg în manuscrisul meu, redactat în anul 1844 şi citit de Hooker cu vreo doisprezece ani în urmă. Cam acum un an, i-am trimis un scurt rezumat al ideilor mele [...] lui Asa Gray, astfel încât pot să spun şi să dovedesc cu toată încredinţarea că nu am luat nimic de la Wallace [...]. Îmi e greu să mă văd astfel silit să pierd prioritatea pe care o am de atâţia ani de zile.

Printre nemulţumirile cu privire la propria sa nevrednicie, Darwin îi cere lui Lyell părerea dacă ar fi neonorabil din partea lui să publice acum şi îl roagă să transmită materialul altui confident de-al său, botanistul Joseph Hooker. Lui Hooker i se adresează folosind acelaşi ton autodepreciativ şi se oferă să scrie o versiune mai detaliată a schiţei din 1844 pentru revista Societăţii Linneene.[15]

Lyell şi Hooker i-au răspuns oferindu-i soluţia pe care Darwin practic o sugerase în scrisorile sale. Pe 1 iulie 1858, cei doi au făcut o prezentare comună la Societatea Linneană, intitulată „On the Tendency of Species to form Varieties; and on the Perpetuation of Varieties and Species by Natural Means of Selection“. Materialul prezentat cuprindea extrase din schiţa din 1844 pe care Darwin i-o trimisese lui Hooker şi o parte din scrisoarea pe care i-o trimisese lui Asa Gray în 1857, urmate de eseul de 20 de pagini al lui Wallace. În nota introductivă Lyell şi Hooker spuneau că ei nu încearcă doar să ia în considerare revendicările de prioritate ale lui Darwin şi Wallace, ci prezintă materialul în interesul ştiinţei în general.[16] Fără ca Darwin să pară că pretinde personal prioritatea, demersul său a avut rezultatul dorit: s-a înregistrat public faptul că el este primul care a venit cu ideea selecţiei naturale, menţionându-se în acelaşi timp că Wallace a ajuns independent, dar mai târziu, la aceeaşi concluzie.

Wallace nu a fost consultat în această privinţă, dar a părut mulţumit când a fost informat de eveniment. Îi dădea unei persoane fără educaţie universitară, care-şi câştiga banii colectând şi vânzând specimene biologice, recunoaşterea şi accesul la membrii unei societăţi ştiinţifice; în Anglia victoriană, această onoare le revenea celor din clasa privilegiată, gentlemeni cu resurse financiare precum Lyell şi Darwin.

Darwin i-a oferit prietenia tânărului Wallace, iar acesta a răspuns devenind unul dintre cei mai fervenţi susţinători ai săi şi apărând Originea speciilor prin selecţie naturală sau păstrarea raselor favorizate în lupta pentru existenţă, cartea pe care Darwin s-a grăbit s-o publice în anul următor prezentării din cadrul Societăţii Linneene.

Această prietenie nu l-a împiedicat pe Wallace să-l contrazică pe Darwin în privinţa anumitor aspecte, printre care gradul în care selecţia naturală ar putea explica dezvoltarea moralităţii şi a facultăţilor intelectuale ale omului, măsura în care selecţia sexuală ar

putea să explice dimorfismul sexual, credinţa lui Darwin în moştenirea caracteristicilor dobândite şi ideea lui cu privire la pangeneză (vezi mai jos).

Pg.305

Wallace şi-a continuat activitatea, publicând în 1864 un studiu intitulat „The Origin of Human Races and the Antiquity of Man Deduced from the Theory of «Natural Selection»“, ce cuprindea teme pe care Darwin nu le discutase public, iar în 1889, o carte intitulată Darwinism, în care explica şi apăra selecţia naturală. În această carte Wallace sugera că selecţia naturală ar putea să ducă la izolarea reproductivă a două varietăţi prin încurajarea dezvoltării unor bariere împotriva hibridizării, ajutând astfel la generarea unor specii noi.

CHARLES DARWIN
Un gânditor original?

Aşa cum au demonstrat celebrările din 2009, când s-au împlinit 200 de ani de la naşterea sa şi 150 de ani de la publicarea *Originii speciilor*, Darwin este în general prezentat drept prima persoană care a dezvoltat teoria evoluţiei biologice şi care a propus selecţia naturală drept cauză a acesteia.

După o călătorie de cinci ani în jurul lumii la bordul corabiei *HMS Beagle* care s-a încheiat în 1836, Darwin a petrecut următorii 23 de ani încercând înţeleagă specimenele pe care le adunase şi lucrurile pe care le văzuse, căutând şi mai multe specimene şi relatări ale altor naturalişti, făcând experimente şi citind cu aviditate. Caietele sale de lucru din această perioadă, în care se referă în mod repetat la „teoria mea“, nu dau nici o indicaţie că s-ar fi inspirat din ideile altora. Şi totuşi, aşa cum subliniază Paul Pearson, de la Universitatea din Cardiff, probabil nu este o coincidenţă că Wells, Matthew şi Darwin au studiat în Edinburgh, oraşul lui Hutton, renumit pentru societăţile sale intelectuale şi pentru gânditorii săi radicali, şi „pare posibil ca un concept pe jumătate uitat din anii studenţiei să i se fi ivit din nou în minte [lui Darwin] în timp ce se străduia să explice observaţiile asupra speciilor şi varietăţilor culese în cursul călătoriei pe *Beagle*“[17]. În plus, marele său prieten şi confident, geologul sir Charles Lyell, era principalul susţinător al teoriei geologice antibiblice a uniformismului[141][i]huttonian. Mai mult decât atât, Grant, mentorul lui Darwin în Edinburgh, era un „transmutaţionist lamarckian entuziast şi i-a făcut cunoştinţă tânărului Darwin atât cu transformismul, cât şi cu zoologia nevertebratelor în interpretarea lui Lamarck“[18]. După patru ani de când plecase din Edinburgh, Darwin l-a consultat pe Grant, pe atunci profesor de anatomie comparată la recent înfiinţata Universitate din Londra[142], înainte de a pleca în călătoria de la bordul corabiei *Beagle*.

Pg.306

În afară de recunoaşterea faptului că a fost determinat să publice după ce a aflat că Wallace a ajuns la aceleaşi concluzii în mod independent, Darwin nu menţionează ideile evoluţioniste ale nimănui altcuiva nici în prima şi nici în cea de-a doua ediţie a Originii speciilor. Cea de-a treia ediţie, publicată în 1861, conţine o scurtă introducere intitulată „Schiţă istorică a dezvoltării concepţiei despre originea speciilor". În această prefaţă declară că nu cunoaşte lucrările lui Buffon, face o scurtă expunere a scrierilor lui Lamarck (dar numai după ce Lyell l-a presat să-i acorde lui Lamarck meritul cuvenit[19]) şi oferă un rezumat nuanţat al ideilor lui Geoffroy expuse de fiul acestuia, spunând că Geoffroy a fost prudent în a trage concluzii şi că nu credea că speciile actuale sunt supuse modificărilor.

Nu se referă la Hutton. Abia dacă îşi pomeneşte bunicul o singură dată într-o notă de subsol, spunând că acesta „a anticipat justificările eronate şi vederile lui Lamarck“.

Printre alte trimiteri din schiţa sa istorică, Darwin pomeneşte un paragraf din articolul publicat de Grant în 1826 în Edinburgh Philosophical Journal, unde „îşi afirmă în mod clar convingerea că speciile descind din alte specii şi că se perfecţionează în decursul modificării lor“[20].

Darwin recunoaşte că în 1831 Matthew

> a exprimat un punct de vedere asupra originii speciilor întru totul asemănător cu cel propus de dl Wallace şi de mine în *Linnean Journal* şi cu acela dezvoltat în volumul de faţă. Din nefericire, acest punct de vedere a fost exprimat de dl Matthew foarte pe scurt, în pasaje izolate, în anexa unei lucrări consacrate unui subiect diferit.

Darwin continuă citând o scrisoare în care Matthew spunea:

> În cazul meu, concepţia despre această lege a naturii mi-a venit în mod intuitiv, ca un fapt de la sine înţeles, aproape fără vreun efort de gândire. Dl Darwin pare să aibă mai mult merit în această descoperire decât am avut eu. [...] Se pare că a dezvoltat-o prin raţionament inductiv, lent şi cu precauţia necesară parcurgerii unei căi sintetice de la un fapt la altul.[21]

În a patra ediţie, publicată în 1866, Darwin admite că Wells este primul care a recunoscut, în 1813, principiul selecţiei naturale, „însă el îl aplică numai raselor omeneşti şi numai anumitor caractere izolate“.

Pg.307

Comparând textele scrise de predecesorii săi cu afirmaţiile lui Darwin despre ele, nu avem cum să evităm concluzia că Darwin se angajase într-o manipulare de secol XIX: minimalizând contribuţia lor[143] pentru a-şi atribui meritul descoperirii evoluţiei biologice (sau a

descendenţei cu modificări, cum o numea) şi a selecţiei naturale drept cauză a acesteia.

Contribuţia lui Darwin

Darwin are patru contribuţii majore la teoria evoluţiei biologice. În primul rând, a adunat dovezi considerabile ce subminează perspectiva ortodoxă potrivit căreia Dumnezeu a creat fiecare specie separat şi a argumentat convingător, dar în nici un caz concludent, că fiecare specie din fiecare gen a evoluat treptat dintr-un strămoş comun. În al doilea rând, a lansat ipoteza că principala (dar nu singura) cauză a acestei evoluţii este selecţia naturală. În al treilea rând, a propus ideea că selecţia sexuală reprezintă o altă cauză. În al patrulea rând, promovarea evoluţiei biologice şi a selecţiei naturale drept cauză ipotetică a acesteia a fost esenţială în acceptarea ideilor sale de către comunitatea ştiinţifică.

După călătoria pe *Beagle*, Darwin a dedicat peste 40 de ani studiului şi experimentelor cu plante şi animale, publicând în această perioadă 19 cărţi şi sute de articole ştiinţifice. Din această activitate intensă, care i-a conferit reputaţia ca naturalist, cele mai semnificative lucrări au fost *Originea speciilor prin selecţie naturală sau păstrarea raselor favorizate în lupta pentru existenţă,* pe scurt *Originea speciilor*, publicată prima dată în 1859 şi urmată de alte cinci ediţii, şi *Descendenţa omului şi selecţia sexuală*, publicată în 1871, cu o ediţie revizuită în 1874, urmată de o ediţie definitivă ce cuprinde şi articolul publicat în 1876 în Nature, „Selecţia sexuală la maimuţe".

Dovezi

Dovezile descendenţei cu modificări (abia în 1872, odată cu ultima ediţie a Originii speciilor, Darwin avea să folosească termenul „evoluţie") se pot grupa în nouă categorii.

1. *Variaţiile plantelor şi animalelor domesticite, mai ales prin reproducere selectivă*

Modificarea rapidă a caracteristicilor animalelor şi plantelor domesticite, mai ales atunci când sunt crescute sau cultivate în mod selectiv pentru anumite caracteristici, demonstrează schimbarea evolutivă; variaţiile moştenite includ comportamentul, exemplificat prin instinctele câinilor din rasa golden retriever şi ale câinilor ciobăneşti tineri şi neantrenaţi.
Pg.308

Darwin a crescut selectiv porumbei şi a susţinut că toate varietăţile provin din porumbelul de stâncă (Columba livia). Totuşi, a ajuns la concluzia că marea varietate de rase de câine

domestic ne arată că provin din strămoşi sălbatici diferiţi.

Toate aceste exemple demonstrează mai curând variaţiile din interiorul unei specii decât originea diferitelor specii.

2. Variaţiile din natură

După ce expune diferitele definiţii şi clasificări ale speciilor propuse de botanişti, zoologi şi naturalişti, Darwin observă „cât de vagă şi de arbitrară este deosebirea dintre specii şi varietăţi”[144]. În cadrul genurilor mari, speciile strâns înrudite au tendinţa de a forma mici grupuri în jurul altor specii şi au o anvergură restrânsă. Acest tipar, susţine el, e valabil pentru acele specii care îşi au originea în varietăţi mai vechi, dar nu poate fi explicat dacă fiecare specie ar fi o creaţie independentă.

3. Registrul fosil

Darwin susţine că apariţia bruscă a fosilelor şi absenţa formelor intermediare nu reprezintă un argument împotriva evoluţiei. El oferă câteva motive, printre care imperfecţiunea datelor geologice (având în vedere că fosilele se formează de obicei numai în decursul subsidenţei) şi dispariţia speciilor intermediare din cauza unor specii succesoare mai bine adaptate să câştige lupta pentru existenţă.

Dă apoi exemple de fosile a căror formă demonstrează înrudirea cu specii existente, precum mamiferele fosile din Australia şi marsupialele actuale de pe acelaşi continent, susţinând că varietatea mai mare de specii actuale provenite din tipologiile fosile ancestrale demonstrează descendenţa cu modificări.

4. Clasificarea speciilor

Clasificarea speciilor în grupuri înrudite decurge „în mod firesc din admiterea originii comune a formelor apropiate, împreună cu modificarea lor prin variaţie şi selecţie naturală, legată de condiţiile extincţiei şi divergenţei caracterelor“.
Pg.309

5. Asemănările dintre organele care îndeplinesc funcţii diferite la specii din aceeaşi clasă

Astfel de organe - cum ar fi mâna omului, membrul anterior al cârtiţei, al calului, înotătoarea delfinului şi aripa liliacului - sunt construite conform aceluiaşi tipar şi includ oase asemănătoare în poziţii relativ asemănătoare. Asta sugerează că descind din organul unui strămoş comun şi că s-au modificat

pentru a se adapta la medii înconjurătoare diferite.

6. *Asemănarea embrionilor*

Embrionii mamiferelor, păsărilor, şopârlelor şi şerpilor sunt izbitor de asemănători atât la nivel general, cât şi ca mod în care li se dezvoltă părţile; le lipsesc variaţiile ce se manifestă în stadii mai târzii ale vieţii. Astfel de embrioni, spune Darwin, sunt asemănători structural cu strămoşii adulţi ai grupului, care sunt mai puţin modificaţi şi de regulă dispăruţi, deşi aceasta e o speculaţie, întrucât nu există dovezi care s-o susţină.

7. *Modificările din cursul dezvoltării*

Darwin extinde acest punct de vedere la dezvoltarea timpurie a puilor, în special la etapele de tranziţie. El observă, de pildă, că în perioada în care depind de părinţi pentru a se hrăni puii nu manifestă variaţiile adaptative pe care le dobândesc mai târziu. De exemplu, penajul păsărilor tinere din genuri înrudite este asemănător la toate speciile. Raţionamentul său ia în considerare metamorfozele, precum tranziţia de la omidă la fluture şi de la larvă la muscă.

8. *Organe rudimentare, atrofiate sau dispărute*

Dinţii embrionilor de balenă, glandele mamare rudimentare ale masculilor unor mamifere, aripile struţilor şi alte exemple ne indică anumite caracteristici ale strămoşilor din care au provenit. În schimb, teoria creaţiei are dificultăţi în a explica astfel de aspecte.

9. *Distribuţia geografică a speciilor*

Darwin considera că dovada cea mai convingătoare a descendenţei cu modificări e furnizată de variaţiile speciilor aflate în regiuni geografice separate de bariere ce împiedică migraţiile şi totodată în medii înconjurătoare diferite.

Exemplul consacrat pentru ceea ce astăzi numim biogeografie sunt cintezele lui Darwin. Ediţia din 2008 a Encarta WorldEnglish Dic- tionary le defineşte astfel:

Cinteze din insulele Galapagos: păsări din insulele Galapagos pe care Charles Darwin şi-a bazat teoria selecţiei naturale prin observarea obiceiurilor alimentare ale acestora şi a diferenţelor în structura ciocului. Subfamilia *Geospizinae.*

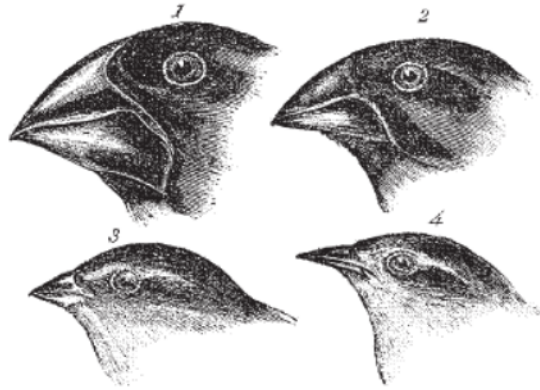


Figura 16.1 Cinteze din arhipelagul Galâpagos

Acest exemplu este dezvoltat şi predat în multe şcoli şi facultăţi. Un tutorial de la Colegiul Palomar din California spune următoarele: Darwin a identificat treisprezece specii de cinteze în insulele Galapagos. Acest lucru l-a surprins, deoarece cunoştea o singură specie de cinteze pe continentul sud-american, la o distanţă de aproape 600 de mile spre est, de unde se presupunea că ar fi provenit toate [...].

Fiecare insulă are propria specie de cinteze, iar aceste specii diferă între ele din mai multe puncte de vedere, mai ales în privinţa formei ciocului. Darwin a ajuns la concluzia că aceste cinteze descind dintr-un singur tip de cinteză ancestrală, dar că diferitele medii înconjurătoare din diferitele insule au favorizat caracteristici diferite ale populaţiei de cinteze. De exemplu, dacă într-una din insule există o abundenţă de insecte, dar relativ puţine nuci sau seminţe, cintezele care s-au născut cu un cioc mai subţire ce le uşurează accesul la insecte ascunse în crăpături au fost favorizate faţă de cintezele cu cioc mai gros. Cintezele cu cioc subţire vor avea mai mulţi urmaşi decât rudele lor cu cioc mai gros şi, întrucât puii acestora vor moşteni caracteristicile părinţilor, forma ciocului se va răspândi treptat la întreaga populaţie de cinteze din insula respectivă. Lucrurile se vor petrece exact invers pe insulele unde există mai multe seminţe decât insecte: acolo vor prospera păsările al căror cioc gros e mai bine adaptat pentru a sparge seminţe. În cele din urmă, populaţiile astfel separate vor ajunge să fie mult prea diferite pentru a se încrucişa şi se vor transforma în specii separate.[22]

Pg.311

Din păcate, acesta este un alt mit despre Darwin.

În perioada călătoriei pe Beagle, Darwin considera că cele mai multe specimene de păsări pe care le adunase nu sunt cinteze; pe unele le-a botezat păsări negre, pe altele „cioc gros“ şi chiar pitulici; în

plus, nu a putut să stabilească de pe ce insule proveneau. La sosire, le-a dat Societăţii Zoologice din Londra, care apoi le-a pus la dispoziţia ornitologului John Gould pentru a le identifica. Gould a fost cel care a identificat păsările ca fiind diferite specii de cinteze (desenele sale sunt reproduse în figura 16.1). Mai târziu, Darwin a examinat colecţiile altor trei tovarăşi de călătorie, inclusiv pe cea a căpitanului FitzRoy.[23]

Mitul a fost răspândit de ornitologul David Lack într-o carte publicată în 1947 şi intitulată Darwin's Finches [„Cintezele lui Darwin"][24]. Totuşi, Frank Sulloway, de la Universitatea Harvard, a examinat documentele de la acea vreme, iar în 1982 a demonstrat, între altele, că Lack a presupus în mod greşit că specimenele corect etichetate ale lui FitzRoy ar fi fost de fapt opera lui Darwin, ajungând chiar să confunde insulele de proveniență ale unor specimene.

Când a vizitat insulele Galapagos, Darwin nu numai că nu a observat că există cinteze diferite pe insule diferite, dar nici măcar nu a făcut legătura între forme diferite de cioc şi tipuri diferite de dietă. Conform biografilor săi, Adrian Desmond şi James Moore, după întoarcerea în Anglia, Darwin

> a rămas nedumerit în legătură cu cintezele din Galapagos [...], nu şi-a dat seama de importanţa tipurilor diferite de cioc [...]. Nu se gândea la un singur grup strâns înrudit ce s-a specializat şi s-a adaptat la diferite nişe ale mediului înconjurător.[25]

Deşi imaginile cu aceste cinteze au fost folosite ca simbol în contextul mai multor celebrări prilejuite de cei 150 de ani de la publicarea Originii speciilor, Darwin nu le-a menţionat niciodată în nici una dintre ediţiile cărţii sale.

Cu toate astea, două capitole din Originea speciilor oferă exemple de biogeografie, care a reprezentat principalul argument pe care Wallace şi-a sprijinit ipoteza despre evoluţia biologică. În aceste exemple, Darwin subliniază asemănările dintre specii aflate în diverse medii înconjurătoare de pe continentul american şi cât de diferite sunt aceste specii de cele care trăiesc în condiţii asemănătoare în Africa şi Australia. El atribuie aceste diferenţe barierelor naturale din calea migraţiilor.

Cât despre insulele Galapagos, Darwin observă că aproape fiecare specie acvatică şi terestră prezintă o strânsă asemănare cu speciile de pe continentul sud-american, aflat la o distanţă de 500-600 de mile, în ciuda importantelor deosebiri geologice, topografice şi climatice. În regiuni care au condiţii asemănătoare, precum arhipelagul vulcanic Capul Verde, situat în apropierea coastei de vest a Africii, speciile sunt foarte diferite.

Explicaţia creaţionistă ar trebui să susţină că Dumnezeu a creat separat nenumărate variaţii ale speciilor pentru a le aşeza în regiuni diferite. O explicaţie mult mai rezonabilă este aceea că speciile de pe continentul sud-american au migrat în arhipelagul Galăpagos şi apoi au dezvoltat variaţii relativ mici comparativ cu variaţiile mult mai ample ale speciilor situate în regiuni mult mai îndepărtate.

Selecţia naturală

Darwin susţinea că principala, dar nu şi singura, cauză a acestor variaţii este selecţia naturală, un principiu potrivit căruia cei mai buni competitori din orice populaţie au cele mai mari şanse de a supravieţui şi de a se reproduce, transmiţându-şi astfel caracteristicile generaţiilor următoare.

Această perspectivă a fost puternic influenţată de a şasea ediţie revizuită a *Eseului asupra principiului populaţiei* (1826), scris de clericul şi economistul englez Thomas Malthus. În esenţă, Malthus susţine că în timp ce rezervele de hrană cresc în progresie aritmetică, populaţiile cresc în mod natural în progresie geometrică. Astfel, dacă nu se exercită nici un control, populaţia va depăşi resursele de hrană, ajungându-se la foamete.

Toate ediţiile *Originii speciilor* oferă un exemplu imaginar al funcţionării selecţiei naturale. Într-o haită de lupi, cei mai rapizi şi mai zvelţi vor fi cei mai eficienţi prădători şi deci vor avea cea mai mare şansă de supravieţuire.[26] Acest exemplu este surprinzător de asemănător cu cel oferit de Hutton (vezi mai sus) când explică supravieţuirea celui mai adaptat: în cazul câinilor care nu se bazează pentru a supravieţui decât pe rapiditatea picioarelor şi pe ascuţimea vederii, cei dotaţi cu aceste calităţi vor fi cel mai bine adaptaţi pentru supravieţuire şi reproducere, pe când cei care nu posedă aceste calităţi cel mai probabil vor pieri.

În ediţia definitivă a *Originii speciilor*, Darwin defineşte selecţia naturală astfel:

> Datorită acestei lupte [pentru supravieţuire], variaţiile - oricât de mici şi indiferent de cauza care le-a provocat -, dacă sunt de vreun folos indivizilor dintr-o specie [...] vor contribui la menţinerea unor asemenea indivizi şi vor fi, în general, moştenite de descendenţi. Aceşti descendenţi, la rândul lor, vor avea o şansă mai mare de supravieţuire, deoarece din mulţimea de indivizi ai oricărei specii care se nasc periodic, numai un număr mic pot supravieţui. Acest principiu prin care orice variaţie neînsemnată, dacă este folositoare, se păstrează l-am numit selecţie naturală, pentru a sublinia legătura lui cu puterea de selecţie a omului.[27]

Darwin nu cunoştea cauzele acestor variaţii, dar, spre deosebire de

perspectiva ortodoxă, considera că ele nu apar la întâmplare.

Pg.313

> Până acum am vorbit uneori despre variaţii - atât de comune şi de polimorfe la fiinţele organice domesticite şi mai puţin la cele în stare naturală - ca şi cum ele s-ar datora hazardului. Fără îndoială că expresia aceasta este cu totul incorectă.[28]

Selecţia naturală acţionează asupra acestor variaţii.

> Am văzut că omul poate realiza prin selecţie, în mod sigur, rezultate bune şi poate, prin acumularea unor variaţii uşoare, dar folositoare, oferite de natură, să adapteze fiinţe organice la nevoile sale. După cum vom vedea însă în cele ce urmează, selecţia naturală este o forţă permanent gata de acţiune şi infinit superioară slabelor eforturi umane, la fel cum sunt operele naturii faţă de cele de artă.[29]

Darwin afirmă nu numai că selecţia naturală este o forţă infinit superioară selecţiei artificiale, dar şi că (spre deosebire de perspectiva ortodoxă a biologiei actuale) ea determină îmbunătăţiri evolutive.

> Duce la perfecţionarea fiecărei fiinţe în raport cu condiţiile sale de viaţă organice şi neorganice şi, prin urmare, în majoritatea cazurilor, la ceea ce trebuie considerat un progres al organizării.[30]

Speciaţia

În ciuda titlului său, se poate spune că cea mai faimoasă lucrare a lui Darwin nu se referă la originea speciilor. Acest lucru se datorează în principal ideii lui Darwin că selecţia naturală este lentă şi graduală şi că există puţine elemente de diferenţiere între varietăţi şi specii.[31] El nu precizează ce anume deosebeşte variaţiile de speciile aceluiaşi gen, cu excepţia observaţiei că speciile sunt „suficient de bine definite", în timp ce varietăţile intermediare au fost „înlocuite şi exterminate" în procesul de selecţie naturală.[32]

Supravieţuirea celui mai adaptat

Darwin nu explică limpede ce înţelege prin supravieţuirea celui mai adaptat. Pe de o parte spune că este o exprimare metaforică:

> Voi folosi această sintagmă într-un sens larg şi metaforic, cuprinzând dependenţa unei fiinţe faţă de alta şi cuprinzând (ceea ce e mai important) nu numai viaţa individului, dar şi reuşita în a lăsa urmaşi.[33]

Pg.314

Aceeaşi poziţie este sugerată într-o secţiune a *Descendenţei omului.* După ce dă exemple de sociabilitate şi cooperare în cadrul speciilor animale şi între oameni, Darwin observă că

> acele comunităţi care includ cel mai mare număr de membri

cu simpatie reciprocă vor propăşi cel mai bine şi vor avea cel mai mare număr de descendenţi.[34]

Totuşi, aceste cărţi compilează în mare parte „fapte“ care arată că lupta pentru existenţă este reală, nu metaforică. Într-adevăr, după numai nouă pagini de la fragmentul citat anterior din *Originea speciilor*, Darwin spune:

> Deoarece speciile aparţinând aceluiaşi gen prezintă de obicei - deşi în nici un caz invariabil - o mare asemănare în obiceiuri şi în constituţie şi întotdeauna în structura lor, lupta va fi în general mai severă între ele, atunci când intră în concurenţă reciprocă, decât între speciile genurilor diferite.[35]

Realitatea acestei lupte competitive pentru supravieţuire este afirmată în mod explicit în *The Variation of Animals and Plants under Domestication* [„Variaţia animalelor şi plantelor sub influenţa domesticirii“], pe care o gândise ca pe un capitol dintr-o carte mai importantă despre evoluţie, faţă de care *Originea speciilor* era doar o simplă schiţă.

> S-a spus pe drept cuvânt că întreaga natură este în stare de război; cei mai puternici izbândesc în cele din urmă, iar cei mai slabi cad. Ştim prea bine că miliarde de forme au dispărut de pe faţa pământului. Aşadar, dacă în natură fiinţele organice variază fie şi numai într-o mică măsură [...], atunci severa şi neîncetata luptă pentru existenţă va face ca acele variaţii favorabile, oricât de slabe, să fie păstrate sau selecţionate, iar cele nefavorabile să fie distruse.[36]

Şi:

> Am numit selecţie naturală această conservare a varietăţilor care în lupta pentru existenţă prezintă vreun avantaj în ce priveşte structura, constituţia sau instinctul lor; iar dl Herbert Spencer a exprimat şi el bine aceeaşi idee când a spus că supravieţuiesc cei mai apţi.[37]

Această interpretare literală a fost larg acceptată.

Selecţia sexuală

Ca răspuns la criticile că lucruri precum penele cozii păunului ar reprezenta mai curând un dezavantaj decât un avantaj în lupta pentru resurse limitate, Darwin a propus ideea că selecţia sexuală este de asemenea o cauză a evoluţiei biologice, în special pentru masculii speciei.

Pg.315

În concordanţă cu această ipoteză, penele tot mai lungi şi mai colorate ale cozii atrag femelele şi le permit celor care le poartă să producă mai mulţi urmaşi decât masculii cu o coadă mai puţin spectaculoasă.

În cazul oamenilor,

> eu conchid că, dintre toate cauzele care au dus la deosebiri în aspectul exterior între rasele umane şi, într-o anumită măsură, dintre om şi animalele inferioare, selecţia sexuală a fost cea mai eficientă.[38]

Teoria lamarckiană despre efectul folosirii şi nefolosirii

Când Lyell l-a constrâns să-i acorde lui Lamarck recunoaşterea meritată, Darwin a făcut-o cu multă rezervă şi i-a răspuns:

> Faceţi adesea referire la munca lui Lamarck; nu ştiu ce credeţi despre ea, dar mie îmi pare extrem de săracă; nu am extras nici un fapt sau nici o idee din ea.[39]

Asta nu l-a împiedicat să apeleze la cele patru categorii de dovezi în favoarea evoluţiei biologice folosite anterior de Lamarck. În plus, în prima ediţie a *Originii speciilor*, Darwin discută, fără să-l menţioneze pe Lamarck, despre „Efectul folosirii şi nefolosirii“, scriind:

> Cred că nu poate să mai încapă nici o îndoială asupra faptului că la animalele noastre domestice, prin folosire, anumite părţi s-au întărit şi s-au mărit, în timp ce, prin nefolosire, alte părţi s-au micşorat; de asemenea, nu încape îndoială că astfel de modificări se transmit ereditar. În natură [...] multe animale au structuri care pot fi cel mai bine explicate prin efectele nefolosirii.[40]

E practic un rezumat al legii pentru care Lamarck este atât de bine cunoscut. În prefaţa ediţiei din 1882 a *Descendenţei omului,* Darwin spune:

> Profit de această ocazie pentru a observa că deseori criticii mei presupun că atribui toate modificările structurii corporale şi capacităţii mintale exclusiv selecţiei naturale [...], pe când, chiar în prima ediţie a Originii speciilor, am afirmat limpede că trebuie atribuită o mare importanţă efectelor moştenite ale folosirii şi nefolosirii.[41]

Promovarea

Spre deosebire de *Philosophie zoologique* a lui Lamarck, *Originea speciilor* este scurtă şi mai accesibilă. În plus, deşi subminează modelul creaţionist, la fel cum făcuse Lamarck, Darwin se fereşte să ofenseze instituţiile creştine, folosind sub titlu un citat din Bacon:

Pg.316

> Nu-i este permis nimănui [...] să susţină că omul poate cerceta fără măsură sau că poate cunoaşte prea mult din cartea cuvântului lui Dumnezeu ori din cartea lucrărilor lui Dumnezeu, din religie sau din filozofie145.

Iar cartea se încheie cu o aluzie la una dintre relatările despre

creaţie din Geneză:

> Există o măreţie în perspectiva aceasta asupra vieţii, cu numeroasele ei forţe, însufleţite iniţial de Creator în câteva forme sau numai într-una singură.[42]

Şi totuşi în autobiografia sa postumă, care cuprinde pasajele referitoare la religie îndepărtate de soţia sa, Darwin spune:

> Până în acel moment [ianuarie 1839, cu 33 de ani înainte de ediţia definitivă a *Originii speciilor*] ajunsesem treptat la concluzia că Vechiul Testament, printr-o istorie a lumii vădit falsă [...], nu e mai demn de încredere decât cărţile sacre ale hinduşilor sau credinţele oricărui barbar.[43]

Darwin şi-a folosit poziţia de membru al Societăţilor Regală, Linneană şi Geologică pentru a cultiva relaţii de prietenie cu membri influenţi ai lumii ştiinţifice. Numeroasele sale scrisori prin care solicită susţinere pentru Originea speciilor pot fi un adevărat model de urmat pentru lobbişti: măgulire ce uneori frizează servilismul, afecţiune, autodepreciere, anxietate şi critici ale propriei munci, scuzată frecvent prin apelul la probleme de sănătate.[44] Aceste scrisori s-au dovedit foarte eficiente, după cum se plângea unul dintre oponenţii săi, John Grey, custodele colecţiei zoologice de la Muzeul Britanic:

> Nu aţi făcut altceva decât să reproduceţi doctrina lui Lamarck, iar în acest caz Lyell şi alţii l-au atacat timp de douăzeci de ani, dar pentru că dumneavoastră (cu o atitudine dispreţuitoare însoţită de un zâmbet) spuneţi exact acelaşi lucru, toţi îşi schimbă părerea; e cea mai ridicolă inconsecvenţă.[45]

Aversiunea faţă de dispute şi hotărârea încăpăţânată de a merge într-o direcţie sau alta i-au fost de folos lui Darwin. Convingând personaje precum Lyell, Hooker sau tânărul şi combativul anatomist Thomas Henry Huxley să-i susţină cauza în faţa lumii ştiinţifice, în timp ce el rămânea în continuare departe de luptă, în refugiul rural de la Down House, din comitatul Kent, Darwin şi-a promovat ideile fără a avea

parte de soarta fostului său mentor. Robert Grant a fost demis din poziţia pe care o deţinea la Societatea Zoologică, pentru negarea materialistă a adevărurilor creştinismului, şi a fost marginalizat de comunitatea ştiinţifică, care era predominant creştină, aproape întreaga perioadă în care a deţinut o funcţie prost plătită de profesor la University College London.[46]

După cum sugerează cuvintele fiului său citate sub titlul acestui capitol, Darwin merită fără îndoială recunoaştere pentru iniţierea procesului ce a condus la adoptarea teoriilor evoluţiei biologice şi selecţiei naturale de către lumea ştiinţifică.

Problemele ipotezei lui Darwin

Originea speciilor a devenit o carte populară, iar comunitatea ştiinţifică internaţională a acceptat fenomenul evoluţiei biologice - descendenţa cu modificări - în următorii 20 de ani. Totuşi acceptarea principalei cauze propuse de Darwin - selecţia naturală - s-a petrecut după aproape 60 de ani. Au existat două cauze. În primul rând, deşi Darwin a sugerat motivul pentru care registrul fosil nu susţine gradualismul, o parte esenţială a ipotezei sale, paleontologi de vârf, precum fostul său mentor, Adam Sedgwick, şi Louis Agassiz, fondatorul şi directorul Muzeului de Zoologie Comparată de la Harvard, susţineau că nu există nici un fel de dovezi fosile ale evoluţiei graduale. Chiar şi T.H. Huxley era sceptic cu privire la gradualismul lui Darwin.[47] Cei mai mulţi paleontologi de la finele secolului al XlX-lea şi începutul secolului XX susţineau saltaţionismul: probele geologice prezintă noi forme fosile care apar, rămân în esenţă neschimbate şi apoi dispar, pentru a fi înlocuite de noi forme fosile; prin urmare, evoluţia biologică s-ar petrece mai curând prin salturi decât în mod gradual.

În al doilea rând, potrivit perspectivei ortodoxe de la vremea respectivă, moştenirea constituie de fapt un amestec, adică urmaşii prezintă o combinaţie a caracteristicilor părinţilor. Astfel, urmaşul unui tată înalt şi al unei mame scunde va avea o înălţime intermediară. Asta înseamnă că, excepţie făcând cazul în care ambii părinţi posedă o variaţie avantajoasă, numai jumătate din respectiva variaţie va fi transmisă fiecărui urmaş, care, la rândul său, va transmite numai câte o jumătate din jumătatea sa de variaţie. Astfel, variaţia s-ar dilua de-a lungul generaţiilor şi nu ar ajunge niciodată să domine specia.

Pentru a depăşi această obiecţie, Darwin a propus pangeneza, o idee formulată de vechii filozofi greci şi dezvoltată de Buffon. În versiunea lui Darwin, gemulele sau germenii invizibili ce conţin informaţia ereditară a fiecărei părţi a corpului se adună în organele reproducătoare şi astfel transmit caracterele ereditare. Totuşi, Galton nu a reuşit să găsească aceste gemule în sângele de iepure, aşa încât

comunitatea ştiinţifică a respins pe bună dreptate această idee. La fel cum Lamarck greşise în legătură cu generarea continuă a vieţii din materia neînsufleţită şi în privinţa faptului că adaptările perturbă procesele de complexificare, Darwin explicase greşit felul în care trăsăturile avantajoase sunt moştenite şi ajung astfel să schimbe populaţia aflată într-un anumit mediu înconjurător.

Darwinismul

Darwin a devenit un sfânt laic şi, asemenea omologilor săi religioşi, a fost mitologizat. Multe cărţi publicate şi emisiuni de televiziune difuzate în anul 2009 pentru a sărbători împlinirea a 150 de ani de la prima ediţie a *Originii speciilor* au dat impresia că darwinismul sau perspectiva darwiniană asupra evoluţiei reprezintă o teorie fără ambiguităţi, la fel cum este, de pildă, teoria newtoniană a gravitaţiei. În realitate însă, „darwinism“ şi „darwinian“ înseamnă lucruri diferite pentru diferite persoane. Cred că e util să definim darwinismul aşa cum îl înţelegea Charles Darwin, pentru a-l diferenţia de modificările şi extinderile ulterioare de tipul neodarwinismului şi ultradarwinismului.

darwinism Ipoteza conform căreia toate speciile aceluiaşi gen au evoluat dintr-un strămoş comun. Principala cauză a acestei evoluţii biologice este selecţia naturală sau supravieţuirea celui mai adaptat, mecanism prin intermediul căruia descendenţii ale căror variaţii le permit să fie mai bine adaptaţi pentru a concura cu alţi membri ai speciei lor pentru supravieţuirea într-un mediu înconjurător dat vor trăi mai mult şi vor produce mai mulţi descendenţi decât cei mai puţin adaptaţi. Aceste variaţii avantajoase sunt cumva moştenite şi, după mai multe generaţii, vor ajunge să domine populaţia din acel mediu înconjurător, în timp ce posesorii variaţiilor mai puţin avantajoase vor fi ucişi, vor muri de foame sau vor dispărea. Selecţia sexuală a trăsăturilor favorabile reproducerii şi folosirea sau nefolosirea organelor sunt de asemenea moştenite şi produc evoluţie biologică.

ORTOGENEZA

Ortogeneza este un alt termen care înseamnă lucruri diferite pentru diferiţi oameni. În linii mari, poate fi definită după cum urmează:

ortogeneză Ipoteza potrivit căreia evoluţia biologică are o direcţie cauzată de forţe intrinseci; printre versiunile sale se numără perspectiva conform căreia adaptarea joacă de asemenea un rol semnificativ în evoluţia speciilor, cea conform căreia adaptarea influenţează numai variaţiile din cadrul speciei şi cea conform căreia această direcţie demonstrează existenţa unui scop al evoluţiei biologice.

După cum am văzut, Erasmus Darwin şi Jean-Baptiste Lamarck erau de părere că evoluţia biologică se produce datorită unei tendinţe intrinseci de creştere a complexităţii.

Zoologul şi anatomistul german Theodor Eimer a folosit termenul „ortogeneză“ în 1895 pentru a explica de ce în cadrul unor linii descendente diferite apar anumite secvenţe evolutive asemănătoare.

Eimer credea că evoluţia neadaptativă a formelor asemănătoare e larg răspândită şi că evoluţia biologică urmează direcţii predictibile în conformitate cu anumite legi naturale asemănătoare celor ce guvernează dezvoltarea organismelor individuale de la stadiul de embrion simplu la cel de adult complex.

Această retrogradare a selecţiei naturale darwiniene a fost adoptată de numeroşi paleontologi, precum americanii Edward Cope şi Alpheus Hyatt, pe baza dovezilor furnizate de fosile, care demonstrează că membrii succesivi ai unei serii evolutive se modifică în mod progresiv într-o singură direcţie constantă, posedând caracteristici care nu au aproape nici o valoare adaptativă şi care de multe ori chiar conduc la dispariţia indivizilor. Unii dintre paleontologi au considerat că tendinţa intrinsecă de tip lamarckian şi moştenirea caracteristicilor dobândite pot avea un rol cauzal.[48]

KROPOTKIN ŞI AJUTORUL RECIPROC

Piotr Kropotkin este cunoscut în Occident drept fiul unui prinţ rus care a devenit anarhist şi revoluţionar. El a fost şi om de ştiinţă, căruia, în 1871, i s-a oferit prestigiosul post de secretar al Societăţii Geografice Imperiale din Sankt Petersburg. A refuzat oferta, a renunţat la privilegiile pe care le avea şi s-a dedicat aplicării principiilor învăţate în urma observaţiilor sale ştiinţifice pentru a reduce exploatarea şi neajunsurile suferite de poporul rus sub conducerea ţaristă. Arma sa nu era bomba, ci condeiul.

Observaţii esenţiale

La vârsta de 20 de ani, Kropotkin a călătorit prin Siberia şi prin nordul Manciuriei, dornic să fie martor la lupta pentru existenţă descrisă în Originea speciilor, care fusese publicată cu trei ani înainte şi care îl impresionase profund. Totuşi, ceea ce a descoperit pe teren l-a dus la concluzia că ipoteza evoluţionistă a fost distorsionată mai ales de susţinătorii lui Darwin.

În urma observaţiilor detaliate asupra vieţii animalelor şi oamenilor, Kropotkin a întâlnit puţine situaţii de competiţie nemiloasă între membrii aceleiaşi specii. În rândul populaţiilor din zone izolate supuse unor condiţii aspre, unde competiţia pentru resurse limitate ar fi trebuit să fie cea mai feroce, Kropotkin a descoperit în schimb ajutorul reciproc „manifestat într-o asemenea măsură, încât m-a făcut să mă gândesc că ar reprezenta o trăsătură de cea mai mare importanţă pentru menţinerea vieţii, conservarea fiecărei specii şi evoluţia sa viitoare"[49].

A observat de asemenea ajutorul reciproc în rândul ţăranilor siberieni din comunităţile autonome, iar asta i-a întărit convingerea că

un astfel de sistem de guvernare ar trebui să înlocuiască statul centralizat, pe care-l considera represiv şi brutal.

Ajutorul reciproc

În 1883, în timpul uneia dintre perioadele în care a fost încarcerat, Kropotkin a citit o prelegere a profesorului Karl Kessler, zoolog respectat şi decan al Universităţii din Sankt Petersburg. El susţinea că ajutorul reciproc este un factor mai important decât competiţia în evoluţia speciilor. Acest lucru coincidea cu propriile sale observaţii, motiv pentru care, după eliberarea din închisoare, s-a mutat în Anglia pentru a continua această activitate. Şi-a întemeiat cercetarea pe observaţiile sale şi ale altor naturalişti şi antropologi, aşa cum făcuse şi Darwin.

În 1888, Thomas Huxley, principalul susţinător al lui Darwin, avea să publice un eseu foarte influent, „The Struggle for Existence“ [„Lupta pentru existenţă"], în care susţinea că viaţa e o „neîntreruptă luptă liberă", în vreme ce competiţia dintre indivizii aceleiaşi specii nu e o simplă lege a naturii, ci forţa ce stimulează progresul.

> Lumea animală este, practic, ca un spectacol cu gladiatori. Creaturile sunt pregătite şi gata de luptă; astfel încât cele mai puternice, mai rapide şi mai şirete apucă să lupte şi în ziua următoare. Spectatorul n-are nevoie să-şi îndrepte degetul în jos, căci nu există acte de îndurare.[50]

Kropotkin a considerat că opiniile lui Huxley, a cărui experienţă se baza pe anatomia comparată şi pe paleontologie, nu erau susţinute de observaţiile de pe teren ale naturaliştilor şi zoologilor. El i-a răspuns lui Huxley într-o serie de articole care au format baza unei cărţi, *Mutual Aid: A Factor of Evolu- tion* [„Ajutorul reciproc: un factor al evoluţiei"], publicată prima dată în Anglia în 1902, cu o ediţie revizuită în 1904 şi o ediţie definitivă în 1914, pe care o folosesc aici.

În această carte, Kropotkin spune:

Pg.321

> Dacă ne referim la paragraful [din *Originea speciilor*] intitulat „Lupta pentru viaţă este cea mai înverşunată între indivizii şi varietăţile aceleiaşi specii“, nu găsim acolo acea abundenţă de dovezi şi ilustrări pe care suntem obişnuiţi să le găsim în tot ce scrie Darwin. Lupta dintre indivizi nu este expusă în această secţiune nici măcar printr-un exemplu.[51]

Kropotkin nu contesta teoria selecţiei naturale şi nici nu nega că lupta pentru existenţă joacă un rol important în evoluţia speciilor. Dar afirma fără echivoc că „viaţa este o luptă, iar în această luptă supravieţuieşte cel mai bine adaptat“[52]. Dar nu e vorba despre o luptă competitivă între membrii aceleiaşi specii. Ajutorul reciproc se bazează pe o sumedenie de dovezi - furnizate de cercetările de teren

axate pe insecte, păsări şi mamifere care îşi cresc şi îşi ocrotesc puii, se protejează între ele de pericole şi obţin hrană pentru grup - care sprijină concluzia potrivit căreia „animalele ce obişnuiesc să se ajute reciproc sunt fără îndoială cel mai bine adaptate [să supravieţuiască şi să evolueze]“[53;146].

Fundamentele empirice

Din nenumăratele exemple referitoare la insecte, Kropotkin descrie furnicile şi termitele care colaborează pe baza unei stricte diviziuni a muncii pentru a căuta hrană şi a construi cuiburi elaborate cu grânare şi creşe destinate creşterii insectelor tinere. Deşi furnicile din specii diferite se angajează în războaie teribile unele cu altele, în sânul comunităţii ajutorul reciproc şi foarte adesea sacrificiul personal pentru binele comun reprezintă regula. Dacă o furnică are multă hrană parţial digerată, dar refuză s-o regurgiteze şi s-o împartă cu o furnică flămândă, va fi tratată ca un duşman. Colaborarea permite coloniei să reziste în faţa altor insecte mai puternice, precum cărăbuşii sau chiar viespile.

Albinele colaborează în mod asemănător. Kropotkin observă că în condiţii de mari lipsuri sau de mare abundenţă unele albine preferă să fure decât să lucreze pentru binele comun, dar pe termen lung colaborarea se dovedeşte a fi mai avantajoasă pentru specie.

Astfel de colaborări se manifestă de regulă numai la nivelul stupului, cuibului sau coloniei de insecte, şi nu la nivelul întregii specii, dar Kropotkin spune că a observat colonii de furnici alcătuite din peste două sute de cuiburi ce conţin două specii diferite, iar în unele savane din America de Sud există dealuri cu termitiere ce conţin două sau trei specii diferite, conectate între ele prin galerii şi tunele subterane.

Multe specii de păsări manifestă un comportament social nu numai în timpul vânătorii sau migraţiei, când stolurile pot cuprinde şi alte specii, dar şi pentru plăcere. Uliii colaborează în timpul vânătorii şi pot alunga de lângă prada lor o pasăre mai mare, precum vulturul marţial. Când se apropie iarna,

Pg.322

păsările care au trăit luni întregi în grupuri mici împrăştiate pe un teritoriu vast se adună cu miile în câte un loc anume, aşteptându-i timp de câteva zile şi pe cei întârziaţi. Aceste stoluri migrează într-o „direcţie bine stabilită" către condiţii mai blânde şi mai bogate în hrană, specimenele cele mai puternice conducând cu schimbul deplasarea. Primăvara, se întorc în aceleaşi locuri şi apoi se împrăştie, ducându-se de obicei la aceleaşi cuiburi din anul precedent.

Cât despre activităţile plăcute, multe specii de păsări cântă la unison. Kropotkin citează un observator care povesteşte cum mai

multe grupuri formate dintr-un total de 500 de potârnichi chukar aşezate în jurul unui lac încep să cânte pe rând câte trei-patru minute, astfel încât după ce un grup se opreşte îşi începe repertoriul următorul grup şi tot aşa până când cântecul înconjoară întregul lac.

Kropotkin considera că papagalii sunt cele mai sociabile şi mai inteligente păsări. De exemplu, papagalii cacadu din Australia trimit iscoade să caute câmpuri cultivate cu porumb. Când acestea se întorc, grupul zboară spre cel mai bogat câmp şi îşi pun santinele care să-i avertizeze de apropierea fermierilor, în timp ce restul grupului se hrăneşte cu porumb. Kropotkin pune longevitatea papagalilor pe seama vieţii lor sociale.

Nu te aştepţi să întâlneşti compasiunea într-o luptă nemiloasă pentru existenţă între membrii aceleiaşi specii, dar Kropotkin oferă câteva exemple, inclusiv cel al unui stol de pelicani care aduc hrană unui pelican orb de la o distanţă de cincizeci de kilometri.

Kropotkin menţionează observaţii similare despre cooperări chiar mai avansate între mamifere, cele mai multe dintre ele având relaţii sociale, de la cuiburi de rozătoare la turme de elefanţi şi de la cârduri de balene la trupe de maimuţe şi antropoide.

Veveriţele sunt cu precădere solitare, găsind şi depozitându-şi hrana în propriile cuiburi, dar păstrează legătura cu alte veveriţe, iar atunci când rezervele de hrană se termină migrează în grup. Bizamii din Canada trăiesc paşnic şi se joacă în comunităţi, locuind în adevărate sate cu case în formă de cupolă construite din lut îmbinat cu stuf şi cu zone separate destinate deşeurilor organice. Viscacha, un rozător asemănător iepurelui, trăieşte paşnic în vizuini ce adăpostesc între 10 şi 100 de indivizi. Colonii întregi se vizitează unele pe altele în cursul nopţii. Dacă un fermier distruge adăpostul unui astfel de animal, celelalte vin de la depărtare să sape şi să le scoată afară pe cele îngropate de vii.

Mamiferele colaborează pentru obţinerea hranei şi pentru protejarea celor mai slabi împotriva prădătorilor. Lupii vânează în haite, în timp ce unele specii de cai sălbatici, precum mustangii şi zebrele, formează un inel de armăsari în jurul grupului pentru a se proteja de atacul lupilor, urşilor şi leilor.

Când rezervele de hrană se termină, cetele împrăştiate de rumegătoare se adună la un loc pentru a forma o turmă de mari dimensiuni care va migra într-o altă regiune, în căutarea altor surse de hrană.

Acest tipar e tipic pentru toate speciile: colaborarea este mai puternică în cadrul familiei, în cadrul grupului şi apoi în cadrul asocierii de grupuri fragmentate care se unesc pentru a răspunde unei nevoi comune.

Kropotkin spune că darwiniştii consideră inteligenţa drept cea mai puternică trăsătură pe care o posedă un individ în lupta pentru existenţă. El subliniază că inteligenţa se dezvoltă prin sociabilitate, comunicare, imitaţie şi acumulare de experienţă, toate acestea fiind absente la un animal nesociabil.

El consideră că evoluţia e progresivă. În cadrul fiecărei clase, indivizii cei mai evoluaţi prezintă cea mai mare sociabilitate şi cea mai mare inteligenţă: furnicile în rândul insectelor, papagalii în rândul păsărilor şi maimuţele şi antropoidele în rândul mamiferelor.

Pentru Kropotkin, principala luptă pentru existenţă nu este competiţia pentru aceleaşi resurse între indivizii din aceeaşi specie datorită creşterii malthusiene a populaţiei. Mai curând este lupta împotriva circumstanţelor în care se găsesc: un mediu înconjurător aflat în schimbare, surse limitate de hrană, clima aspră şi prădătorii. Speciile favorizate de selecţia naturală - cele ale căror membri supravieţuiesc şi se reproduc cel mai mult - dezvoltă strategii pentru a evita competiţia: îşi produc propria hrană, aşa cum fac furnicile; depozitează hrana, aşa cum fac veveriţele; hibernează, aşa cum fac multe rozătoare; îşi lărgesc habitatul; migrează temporar sau permanent într-un nou habitat; sau îşi schimbă regimul alimentar şi obiceiurile, iar de-a lungul generaţiilor se transformă în specii noi, mai bine adaptate la modificările mediului. Cele care nu adoptă astfel de strategii pierd în lupta pentru supravieţuire şi dispar în mod natural, fără să fi fost ucise sau înfometate de competitorii malthusieni, aşa cum propunea Darwin.

Kropotkin contestă astfel ideea că, între membrii aceleiaşi specii, competiţia este singura sau principala cauză a evoluţiei şi susţine că ajutorul reciproc joacă un rol mai important.

SIMBIOGENEZA

În timp ce naturalistul rus Kropotkin studia comportamentul animal şi îşi dezvolta ideile în Anglia, botanistul rus Konstantin Merejkovski studia lichenii şi dezvolta în ţara natală o ipoteză pe care a numit-o simbiogeneză, un proces evolutiv care începe cu simbioza.

Potrivit istoricului specializat în biologie Jan Sapp,[54] simbioza, ca modalitate de inovaţie evolutivă, fusese discutată încă de la sfârşitul secolului al XlX-lea. Natura dual㠹 a lichenilor sub formă de fungi şi alge, a bacteriilor ce fixează azotul în nodulii rădăcinilor de leguminoase, a fungilor din rădăcinile copacilor şi orhideelor şi a algelor ce trăiesc în interiorul corpului protistelor a arătat cât de intime pot să devină relaţiile fiziologice dintre organisme care nu sunt în mod direct înrudite, ducând uneori, ca în cazul lichenilor, la evoluţia unui organism cu totul nou.

Simbioza a fost definită în 1878 de către germanul Anton de Bary drept „convieţuire a unor organisme cu nume diferite", ceea ce ar putea duce la o transformare evolutivă saltaţionistă. Botanistul francez Andreas Schimper a introdus în 1883 termenul de „cloroplast“, sugerând că plantele verzi au apărut în urma simbiozei. În 1893, specialistul japonez în biologie celulară Shosaburo Watase, care lucra în SUA, a folosit acest concept pentru a explica originea tuturor celulelor cu nucleu. Potrivit ipotezei sale, acestea au fost formate de un grup de organisme mici, de origini diferite, care făceau schimburi reciproce de produşi metabolici în cadrul luptei pentru supravieţuire; simbioza a fost evidenţiată prin interdependenţa fiziologică profundă dintre nucleul celular şi citoplasmă.

În 1909, Merejkovski a formulat o teorie detaliată referitoare la originea nucleului celular şi a citoplasmei din două tipuri de organisme şi două tipuri de protoplasmă, care au fost cele mai timpurii forme de viaţă de pe Pământ. El a mai observat că cloroplastele din celule au apărut sub formă de alge albastru-verzi şi a inventat termenul „simbiogeneză“ pentru a descrie procesul prin care două tipuri diferite de organisme simbiotice se unesc pentru a forma un nou organism mai complex. Merejkovski susţinea că simbio- geneza explică mai bine evoluţia biologică decât teoria lui Darwin.

Ideea că mitocondriile din celule au o origine simbiotică asemănătoare a apărut pentru prima dată în cercetările histologului german Richard Altmann de la sfârşitul secolului al XlX-lea. În cartea sa Les Symbionts, publicată în 1918, Paul Portier a dezvoltat conceptul de mitocondrie ca simbiont străvechi. În 1927, biologul american Ivan Wallin a lansat o perspectivă similară în *Symbiontism and the Origin of Species*, sugerând că mitocondriile dobândite reprezintă o sursă de gene noi. În opinia lui Wallin, evoluţia biologică e guvernată de trei principii: speciile sunt un rezultat al simbiozei; selecţia naturală guvernează supravieţuirea şi dispariţia lor; modelul de creştere a complexităţii are la bază un principiu necunoscut.

Astfel de idei au fost ignorate sau respinse de majoritatea biologilor care favorizau competiţia darwiniană în locul cooperării şi care credeau că simbiogeneza e lipsită de orice fundament empiric.

MENDEL ŞI EREDITATEA

Ereditatea, o problemă care afecta ipoteza lui Darwin, a fost rezolvată în 1865 de călugărul augustinian Gregor Mendel. Studiul său fundamental, „Versuche uber Pflanzen-Hybriden“ [„Experimente asupra hibridizării plantelor"], a fost publicat în anul următor în revista Societăţii de Istorie Naturală din Brno, punând bazele geneticii moderne.

Experimentele

Mendel nu era un simplu călugăr, după cum este adesea portretizat, ci, în tradiţia mânăstirii din Brno, era de asemenea profesor şi om de ştiinţă. Între 1856 şi 1863, el a început să testeze teoria tradiţională a eredităţii potrivit căreia caracteristicile fiecărui părinte se amestecă în urmaşi. A ales mazărea, care posedă câteva trăsături simple, cum ar fi înălţimea plantei sau culoarea şi textura netedă sau zbârcită a boabelor.

A început prin a produce specimene pure, adică plante care întotdeauna produc numai boabe galbene şi plante care produc numai boabe verzi. Apoi a încrucişat astfel de plante pure şi a descoperit că, în prima generaţie, a obţinut numai boabe galbene. Atunci când a încrucişat între ele plantele din această primă generaţie, a doua generaţie a produs plante cu boabe galbene şi plante cu boabe verzi într-o proporţie de trei la unu.

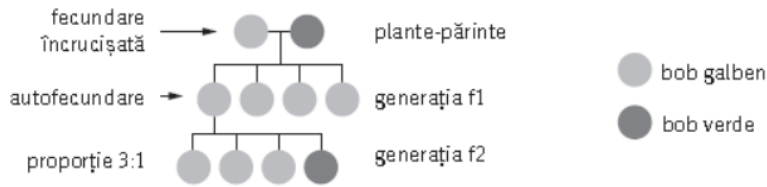


Figura 16.2 Rezultatul experimentelor lui Mendel cu plante de mazăre cu bob galben şi bob verde.

Experimentele cu plante de mazăre ce posedă caractere diferite au dus la acelaşi rezultat. Mendel a ajuns astfel la concluzia că aceste caractere nu se amestecă, ci fiecare dintre ele e reprezentat de un factor (mai târziu numit genă) care se prezintă în forme alternative (mai târziu numite alele); în acest exemplu, o alelă produce culoarea galbenă, iar cealaltă producea culoarea verde a boabelor de mazăre. Alelele se prezintă în perechi; atunci când perechea conţine alele diferite, una din ele e „dominantă" (în acest caz alela care produce culoarea galbenă) şi mascheaza efectul celeilalte, numită alelă „recesivă“ (în acest caz alela care produce culoarea verde). Numai atunci când sunt transmise două alele recesive planta manifestă caracterul determinat de ele.

Pg.326

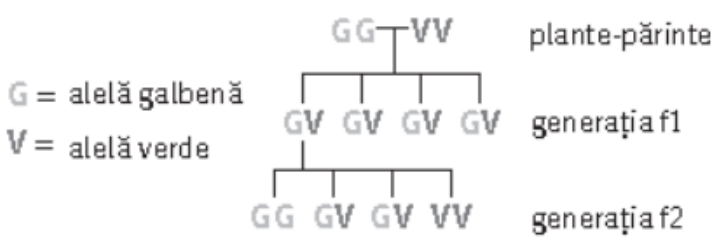


Figura 16.3 Explicarea experimentului lui Mendel cu mazăre

galbenă şi verde, alela dominantă fiind cea galbenă.

Legile lui Mendel

Pornind de la experimentele sale, Mendel a dedus legi ale eredităţii ce pot fi rezumate astfel:

1. Caracterele unui individ sunt determinate de factori ereditari (astăzi numiţi gene) care se prezintă în perechi.
2. Fiecare pereche de gene se separă în timpul reproducerii în aşa fel încât numai una din gene e transmisă de fiecare părinte descendenţilor săi.
3. Unele gene sunt dominante şi pot masca efectul genelor recesive.
4. În cazul anumitor caractere nu există gene dominante.

Transmiterea genelor este pur aleatorie. Ca urmare a legilor lui Mendel, există posibilitatea ca noi combinaţii de gene să dea naştere unor noi combinaţii de caractere ce nu se regăsesc la nici unul din părinţi. În plus, un caracter poate să nu se manifeste la un individ, dar poate să apară în generaţia următoare, deoarece a fost transmis nemodificat.

Acest lucru a rezolvat problema ipotezei lui Darwin, fiindcă demonstrează că genele răspunzătoare pentru caracterele avantajoase ale unui individ se transmit nemodificate şi pot rămâne în cadrul unei populaţii care luptă pentru supravieţuire.

Darwin şi majoritatea naturaliştilor din acea vreme nu au citit studiul lui Mendel, deşi acesta a avut o prezentare favorabilă în *Encyclopedia Britannica* şi a fost citat de câteva ori într-o lucrare despre încrucişarea plantelor scrisă în 1881 de botanistul Wilhelm Olbers Focke; şi se pare că Darwin avea un exemplar al cărţii lui Focke.

NEODARWINISMUL

Lucrarea lui Mendel a fost redescoperită în 1900 de trei botanişti care în urma unor cercetări separate au ajuns la aceleaşi concluzii.

Pg.327

În anii ’20 şi ’30, statisticianul şi geneticianul Ronald Fisher şi geneticianul J.B.S. Haldane, din Anglia, şi geneticianul american Sewall Wright au dezvoltat în mod independent un fundament matematic al teoriei biologice aplicând tehnici statistice; această nouă subramură a biologiei a ajuns să fie cunoscută sub numele de genetică a populaţiilor. Cadrul lor teoretic integra genetica mendeliană şi ipoteza darwiniană, demonstrând matematic cum selecţia naturală, care acţionează cumulativ pe baza unor variaţii mici, ar putea să ducă treptat la modificări majore ale formei şi funcţiei. Wright a introdus şi ideea de derivă genetică

derivă genetică Variaţia frecvenţei alelelor (perechi de

gene) din cadrul unei populaţii mici care se petrece mai degrabă în urma unor evenimente întâmplătoare decât prin selecţie naturală. Este posibil ca unele trăsături genetice din cadrul unei populaţii să se piardă sau, dimpotrivă, să devină larg răspândite indiferent dacă favorizează sau nu supravieţuirea sau reproducerea indivizilor acelei populaţii.

Totuşi, lucrarea lor a avut un impact redus asupra biologilor, fiindcă era teoretică şi folosea limbajul matematic; în plus, arăta doar cum pot apărea modificări în cadrul unei specii, nu şi cum ar putea evolua o nouă specie.

Neodarwinismul[147] (cunoscut şi ca „sinteză modernă“) a fost dezvoltat la sfârşitul anilor ’30 şi începutul anilor ’40 de geneticianul şi zoologul experimentalist Theodosius Dobzhansky, în cartea sa din 1937 intitulată *Genetics and the Origin of Species*, de zoologul şi specialistul în genetica populaţiilor Ernst Mayr, în cartea sa din 1942 intitulată *Systematics and the Origin of Species*, de zoologul şi susţinătorul abordării matematice în genetică Julian Huxley, în cartea sa tot din 1942 intitulată *Evolution: The Modern Synthesis,* şi de George Gaylord Simpson, americanul care, în cartea sa din 1944 intitulată *Tempo and Mode în Evolution*, a aplicat în paleontologie tehnica statistică din genetica populaţiilor.

Scopul acestor cercetători a fost acela de a integra selecţia naturală darwiniană, rezultată din competiţie şi descoperirile teoretice şi experimentale din genetică, zoologie şi paleontologie, pentru a produce o teorie cuprinzătoare cu privire la evoluţia biologică. Protagoniştii evoluţiei nu au mai fost organismele individuale, ci populaţiile. În cuvintele lui Dobzhansky: „Evoluţia este o schimbare în compoziţia genetică a populaţiilor. Studiul mecanismelor evoluţiei se înscrie în zona geneticii populaţiilor“.

Pg.328

neodarwinism Sinteza selecţiei naturale darwiniene cu genetica mendeliană şi genetica populaţilor, în care variaţii genetice aleatorii sunt responsabile pentru caracterele care îi fac pe indivizii populaţiei unei specii mai bine adaptaţi să concureze pentru resursele din mediul înconjurător, să supravieţuiască timp mai îndelungat şi să producă un număr mai mare de descendenţi. Aceste gene favorabile sunt astfel moştenite în proporţie din ce în ce mai mare, astfel încât fondul comun de gene - totalul genelor unei populaţii - se schimbă treptat, timp de multe generaţii, până la apariţia unor noi specii. Membrii populaţiei cărora le lipsesc variaţiile genetice responsabile pentru aceste caractere adaptative sunt ucişi, mor prin înfometare sau dispar treptat sub presiunea mediului înconjurător.

BIOLOGIA MOLECULARĂ

În paralel cu aceste progrese din macrobiologie, realizate în urma redescoperirii cercetărilor lui Mendel, microbiologii au încercat să afle ce sunt genele şi cum funcţionează ca agenţi ai caracterelor ereditare.

Studiul musculiţei de oţet *Drosophila melanogaster* întreprins în 1914 de zoologul experimentalist Thomas H. Morgan şi de colegii săi a arătat că genele sunt dispuse liniar pe cromozomi; mai mult, genele suferă uneori schimbări spontane şi permanente, numite mutaţii, care au ca rezultat o schimbare a caracterelor ereditare, precum trecerea de la ochi albi la ochi roşii. Această descoperire i-a adus lui Morgan Premiul Nobel în 1933.[55] Biologii au adoptat ideea că mutaţia genei reprezintă cauza principală a variaţiei caracterelor indivizilor.

Întrucât s-a demonstrat că cromozomii eucariotelor sunt alcătuiţi din proteine şi din acizi nucleici, de obicei ADN, existau trei posibilităţi: genele sunt alcătuite fie din ADN, fie din proteine, fie dintr-o combinaţie a celor două. Pentru a găsi varianta corectă cercetătorii trebuiau să demonstreze felul în care genele transmit informaţia ce determină caracterele descendenţilor şi totodată felul în care construiesc celulele ce vor deveni un nou organism.

Cu privire la prima funcţie, fizicianul Erwin Schrodinger a speculat în 1943 că genele îşi transportă informaţia ereditară într-un cod alcătuit dintr-un număr mic de entităţi repetitive, tot aşa cum liniile şi punctele din codul Morse transportă o cantitate enormă de informaţie.[56]

În anul următor, Oswald Avery, de la Rockefeller Institute Hospital, New York, şi colegii săi Colin McLeod şi Maclyn McCarty au demonstrat că agentul care face ca modificările produse într-o bacterie să se transmită generaţiilor succesive este ADN-ul. Se înţelegea astfel că genele sunt alcătuite din ADN.

Cei mai mulţi biologi au rămas sceptici, deoarece considerau că secvenţa de nucleotide din molecula de ADN nu are suficientă varietate pentru a transporta toată informaţia genetică, deci genele trebuie să fie alcătuite din proteine. Totuşi, în 1952, Alfred D. Hershey şi Martha Chase, de la Unitatea de Cercetare Genetică a Institutului Carnegie, Washington, au demonstrat că materialul ereditar responsabil pentru caracterele fundamentale ale viruşilor ce atacă şi ucid celulele bacteriene este ADN-ul. Această descoperire i-a făcut pe unii să considere că secvenţa bazelor catenei de polinucleotide a unei molecule de ADN ar putea să formeze codul presupus de Schrodinger.

Devenise clar că, pentru a putea arăta cum se autoreproduce ADN-ul pentru a transmite genele descendenţilor şi cum determină acesta reacţiile biochimice pentru a sintetiza alcătuirea descendenţilor

respectivi, era nevoie să se cunoască nu numai compoziţia chimică a ADN-ului, ci şi structura sa tridimensională. Această ştiinţă emergentă - care folosea cristalografia cu raze X pentru descoperirea arhitecturii moleculare în cadrul unei competiţii destul de feroce având ca ţintă demonstrarea funcţionării ADN-ului genelor - a fost numită *„biologie moleculară"*.

Competiţia a fost câştigată în 1953 de tânărul genetician american James Watson, care obţinuse titlul de doctor, şi de ceva mai vârstnicul fizician englez Francis Crick care nu-l obţinuse încă. Lucrând în echipă, în laboratorul Cavendish de la Cambridge, Anglia, cei doi au folosit rezultatele difracţiei de raze X produse de doi fizicieni de la King's College, Londra, Maurice Wilkins şi Rosalind Franklin, care ar fi trebuit să lucreze ca o echipă, ceea ce nu s-a întâmplat. Pornind de la aceste rezultate, Watson şi Crick au construit un model tridimensional în cadrul căruia ADN-ul e reprezentat prin două catene helicoidale complementare răsucite una în jurul celeilalte şi au speculat că cele două catene s-ar putea desface, acţionând asemenea unor matriţe ce permit reproducerea propriei structuri. [57;148]

Scurtul articol pe care l-au publicat în ediţia din aprilie 1953 a revistei Nature şi alte două materiale publicate de Wilkins şi de Franklin, cărora li s-au adăugat apoi articole mult mai detaliate care le dezvoltau ideile, au deschis o nouă eră în biologia moleculară. În felul acesta, biologia următorilor 25 de ani a fost dominată de identificarea mecanismelor şi confirmarea experimentală a descoperirii lui Watson şi Crick.

Mutaţiile spontane ale genelor observate de Morgan au fost explicate prin greşeli rare de copiere a matriţei ADN-ului. Identificarea felului în care funcţionează diferitele secvenţe ale celor patru nucleotide ale ADN-ului conform modelului lui Schrodinger a durat mai mult. Dar şi mai mult a durat

determinarea detaliilor celei de-a doua funcţii a ADN-ului: adică felul în care secvenţa sa de nucleotide conduce, prin intermediul moleculelor de ARN mesager, la construirea proteinelor şi a altor elemente biochimice care alcătuiesc celulele din care sunt formate organismele[149].

Dar speculaţiile lui Watson şi Crick au fost în cele din urmă demonstrate. A fost un triumf spectaculos al metodei reducţioniste centrate pe gene, care acum domină biologia.

În 1958, Crick a formulat o supoziţie-cheie pe care a reluat-o în 1970, numind-o „dogma centrală a biologiei moleculare": fiecare genă din molecula de ADN poartă informaţia necesară pentru a construi o proteină. Proteina respectivă, acţionând ca o enzimă, controlează o reacţie chimică din celulă, având astfel de-a face cu un proces

unidirecţional: informaţia nu poate fi transferată de la o proteină la o altă proteină sau la acidul nucleic.[58] Cu alte cuvinte, informaţia nu poate circula dinspre mediu sau dinspre organism către ADN-ul sau ARN-ul celular.

PRINCIPII ALE BIOLOGIEI ORTODOXE

Aceste concluzii fundamentale din biologia moleculară au fost încorporate în neodarwinism pentru a da naştere perspectivei ortodoxe actuale.

În 2006, Jerry Coyne, care aparţine şcolii geneticii populaţiilor şi a zoologilor experimentalişti ce au pus bazele sintezei neodarwiniste, a rezumat teoria modernă a evoluţiei biologice. Principiile 1, 2, 3 şi 5 rezultă din rezumatul lui Coyne[59], principiul 4 este explicat în alte publicaţii ale acestuia şi ale altor neodarwinişti, în timp ce principiul 6 este un rezumat actualizat al dogmei centrale a biologiei moleculare, formulată de Crick. Deşi nu toţi biologii evoluţionişti sunt de acord cu ele, aceste şase principii definesc paradigma150 la care subscriu majoritatea.

1. Speciile actuale sunt descendentele altor specii, care au trăit în trecut.
2. Noi forme de viaţă apar prin ramificarea unei singure linii de descendenţă în două, proces cunoscut sub numele de speciaţie, prin care membrii unei linii se izolează reproductiv de membrii celeilalte linii. Această separare continuă conduce la o genealogie ramificată a speciei, la un „arbore al vieţii" ale cărui rădăcini sunt prima specie apărută şi ale cărui ramuri vii sunt speciile actuale. Dacă parcurgem înapoi linia genealogică a mai multe specii moderne, ramurile acestora se vor întâlni într-un punct considerat strămoş comun.

3. O astfel de evoluţie a noilor specii se petrece prin transformarea genetică graduală a indivizilor unei specii de-a lungul a mii de generaţii.
4. Această transformare rezultă din mutaţiile genetice aleatorii suferite de indivizi, din amestecul de gene provenite de la fiecare părinte, fiecare descendent având astfel o combinaţie de gene diferită de cea a fiecăruia din părinţi, şi din răspândirea ulterioară a acestor mutaţii genetice din generaţie în generaţie în întregul fond genetic comun.
5. Acele mutaţii sau variaţii genetice aleatorii responsabile de caracteristicile ce permit indivizilor dintr-o populaţie să concureze cu succes pentru resurse într-un mediu înconjurător dat (şi astfel să supravieţuiască timp mai îndelungat şi să producă mai mulţi descendenţi) sunt favorizate de selecţia

naturală prin faptul că sunt moştenite în număr mai mare, în timp ce acei membri ai populaţiei cărora le lipsesc respectivele mutaţii fie sunt ucişi, fie mor de foame, fie dispar după câteva generaţii.

6. Într-o celulă, informaţia circulă unidirecţional de la genă la proteină.

CONSECINŢELE PARADIGMEI ACTUALE

Această paradigmă centrată pe genă, care presupune că selecţia naturală e un rezultat al competiţiei, are patru consecinţe principale pentru explicaţia ştiinţifică a evoluţiei vieţii.

În primul rând, respinge sau ignoră alte cauze posibile ale evoluţiei, precum:

a. Selecţia sexuală, pe care Darwin a susţinut-o.

b. Moştenirea lamarckiană a caracteristicilor dobândite, pe care Darwin a acceptat-o.

c. Deriva genetică, considerată importantă de Sewall Wright în cazul populaţiilor de mici dimensiuni.

d. Simbiogeneza - ipoteză dezvoltată de Merejkovski, Wallin şi alţii, potrivit căreia fuziunea unor tipuri diferite de organisme ce trăiesc laolaltă în vederea obţinerii unui beneficiu metabolic reciproc - furnizează o explicaţie mai bună pentru inovaţiile biologice şi pentru evoluţie decât competiţia şi selecţia naturală graduală formulate de Darwin.

e. Cooperarea, pe care Kropotkin a dedus-o pornind de la observaţiile făcute pe teren asupra animalelor şi a considerat-o o cauză mult mai importantă a evoluţiei decât competiţia.

f. Ortogeneza, în sensul de evoluţie biologică ce progresează în direcţia creşterii complexităţii cauzate de o lege naturală sau o tendinţă intrinsecă, care a fost susţinută de paleontologul şi vizionarul iezuit francez Teilhard de Chardin în lucrarea sa postumă *Le Phenomene Humain* (1955). Interesant e că, dintre cei patru arhitecţi ai neodarwinismului de la sfârşitul anilor ’30 şi începutul anilor ’40, Julian Huxley a scris o introducere la ediţia engleză din 1959 în care susţinea cea mai mare parte a ideilor lui Teilhard, mai puţin încercarea de a armoniza totul cu perspectiva creştină, în timp ce Theodosius Dobzhansky a fost unul dintre membrii fondatori ai Asociaţiei Americane Teilhard de Chardin şi preşedintele ei între 1968 şi 1971.

În al doilea rând, metoda reducţionistă centrată pe gene a condus la opinia, promovată de Carl Woese, conform căreia analiza genetică este singura metodă corectă de cartografiere a evoluţiei speciilor:

diferenţele moleculare ale genelor presupus conservate ce aparţin unor specii diferite reprezintă relaţiile lor evolutive din arborele genealogic al descendenţei dintr-un strămoş comun[151]. După cum spune însuşi Woese, „secvenţele moleculare pot dezvălui relaţiile evolutive la un nivel pe care criteriile clasice fenotipice [caractere observabile] şi chiar funcţiile moleculare nu îl pot atinge“[60].

În al treilea rând, a produs o ipoteză centrată pe genă care spune că *gena individuală, şi nu organismul, reprezintă unitatea selecţiei naturale*.

În al patrulea rând, atunci când, în anii ’70, s-a descoperit că 98% din genomul uman nu e alcătuit din gene, definite drept secvenţe ADN ce codifică proteine, specialiştii au început să se refere la aşa-numitul „ADN deşeu“, care pare o explicaţie îndrăzneaţă, dacă nu arogantă, a marii majorităţi a ADN-ului, care nu corespunde modelului.

În capitolele următoare voi analiza în ce măsură paradigma biologică ortodoxă şi cele patru consecinţe ale sale îşi păstrează validitatea.

CAPITOLUL 17
Dovezile evoluţiei biologice 1: fosilele

> Voi renunţa la credinţa mea în evoluţie dacă cineva va găsi o fosilă de iepure din precambrian.
>
> Atribuit lui J.B.S. Haldane

Combinarea fenomenului evoluţiei biologice doar cu una dintre posibilele sale cauze poate conduce la denaturarea inconştientă a anumitor date şi interpretări ale dovezilor. Voi încerca să evit o astfel de situaţie examinând doar fenomenul şi căutând să văd dacă există sau nu vreun tipar al probelor. În capitolele următoare voi evalua în ce măsură modelul ortodox neodarwinian, împreună cu ipotezele care îl modifică sau îl contestă, explică existenţa unui astfel de tipar.

În acest capitol, voi examina dovezile fosile, iar în capitolul următor, dovezile furnizate de speciile actuale. Deoarece toate dovezile se referă la specii, este necesar mai întâi să clarificăm ce înseamnă acest termen.

SPECIA

Se estimează că numărul de specii eucariote actuale variază de la cinci la treizeci de milioane[1], dintre care au fost descrise aproximativ două milioane.[2]

Au fost descrise doar în jur de 4.500 de specii procariote (bacterii

şi arhee)[3], dar se estimează că numărul total al celor cuprinse numai în crusta cu o grosime de un kilometru a Pământului variază între 10^{8} şi 10^{17} (de la o sută de milioane la o sută de biliarde)[4]. Nu există estimări ale speciilor de procariote din alte locuri, dar pentru a ne face o idee despre importanţa lor în biosferă, se consideră că numărul total de celule procariote din oceanul deschis este de aproximativ 10^{29} (o sută de sextilioane), cel puţin dublu faţă de numărul celor aflate în sol şi de cincizeci de ori mai mare faţă de totalul celor aflate în adâncurile oceanice şi terestre.[5]

Aceste estimări atât de discrepante se datorează în parte dezacordurilor cu privire la definiţia speciei. După cum remarcă Nick Isaac, de la Societatea Zoologică din Londra, „există aproape la fel de multe idei despre specie câţi biologi dispuşi să le discute“[6].

Pg.334

Asemenea lui Darwin, unii biologi au susţinut că specia e un concept arbitrar. Lepidopterologul Jim Mallet, de la University College London, ale cărui cercetări sunt orientate asupra speciaţiei, susţine că „astăzi «realitatea» esenţialistă a speciei contrazice puternic felul în care înţelegem speciaţia graduală şi în general nu mai e acceptată"[7]. Şi mai departe spune că „studiile genetice recente [...] susţin existenţa unui continuum darwinian între varietăţi şi specii"[8].

Biologii evoluţionişti Jerry Coyne şi H. Allen Orr au contrazis această poziţie în volumul *Speciation* (2004), unde discută în detaliu cercetările din acest domeniu.

După cum spunea Ernst Mayr, unul dintre arhitecţii modelului neodarwinian:

> Aşa-numita „problemă a speciilor" poate fi redusă la o simplă alegere între două alternative: speciile sunt realităţi din natură sau sunt simple constructe ale minţii omeneşti?[9]

Având în vedere că fiinţa umană diferă în mod clar de şoarece, de carasul auriu, de bacteria E. coli sau de stejar, există nevoia practică, separată de orice necesitate ontologică, de a defini lucrurile la care se referă oamenii de ştiinţă. O astfel de nevoie a condus la dezvoltarea taxonomiei: clasificarea ierarhică a organismelor în grupuri în funcţie de caracteristicile pe care le au în comun, pornind de la cele mai generale şi ajungând până la cele mai particulare.

Indiferent de perspectivele lor diferite cu privire la acest concept, cei mai mulţi oameni de ştiinţă folosesc termenul specie - şi nu un taxon inferior speciei, precum varietatea, sau taxoni superiori speciei, precum gen, ordin, clasă sau încrengătură - pentru a descrie organismele şi relaţiile lor cu celelalte organisme. Dar felul în care taxonomiştii, sistematicienii, naturaliştii, bacteriologii, botaniştii, zoologii, entomologii, biologii evoluţionişti, specialiştii în biologie moleculară, geneticienii, ecologii şi alţi specialişti definesc specia

diferă foarte mult, deoarece nu există un acord cu privire la caracteristicile definitorii ale acestei categorii.

Când defineau specia, arhitecţii neodarwinismului considerau că varianta taxonomică tradiţională a morfologiei - structura şi forma - este inadecvată, deoarece multe specii diferă foarte puţin morfologic, în timp ce alte specii prezintă o gamă largă de morfologii. Pe de altă parte, în cazul tuturor speciilor, masculul şi femela diferă de regulă în privinţa dimensiunii şi formei (adesea şi în privinţa culorii), tot aşa cum diferă tinerii de adulţi şi chiar unii adulţi între ei în funcţie de resursele de hrană.

Pentru aceşti neodarwinişti, caracterul-cheie este capacitatea membrilor unei populaţii de a schimba gene între ei: fluxul genetic din cadrul unei populaţii defineşte o specie şi o deosebeşte de o altă populaţie cu care nu are schimb de gene, iar fluxul genetic se realizează prin intermediul

Pg.335

împerecherii ce are ca rezultat urmaşi fertili. Ernst Mayr a cristalizat în 1940 „conceptul de specie biologică", pe care l-a definit aproape fără nici o schimbare cincizeci de ani mai târziu drept „grupuri de populaţii naturale care se împerechează în mod real sau potenţial între ele şi care sunt izolate reproductiv de alte grupuri de acest fel“[10].

Pornind de la ideea că selecţia naturală a caracterelor populaţiei unei specii dintr-un anumit mediu înconjurător reprezintă cauza evoluţiei biologice, neodarwiniştii consideră că izolarea geografică este principala cale de speciaţie. Populaţiile sunt scindate în două fie prin migrarea uneia dintre părţi, fie prin apariţia unor bariere geografice între diferite părţi ale populaţiei, aşa cum s-a întâmplat în urmă cu 3 milioane de ani, atunci când istmul Panama s-a închis şi a separat organismele marine care populau coastele Pacificului şi Atlanticului. Fondul genetic comun al fiecăreia dintre aceste populaţii izolate geografic s-a schimbat de-a lungul generaţiilor în condiţiile în care selecţia naturală a favorizat membrii mai bine adaptaţi la mediul înconjurător din care făceau parte. În cele din urmă, membrii populaţiilor scindate nu mai sunt capabili să schimbe gene între ei, chiar dacă se întâmplă să se întâlnească. Aceasta este denumită *speciaţie alopatrică*, spre deosebire de cea *simpatrică*, situaţie în care o populaţie se fragmentează în două sau mai multe specii care ocupă acelaşi teritoriu.

Conceptul neodarwinian de specie biologică a fost larg acceptat ca dogmă până în anii ’80, când botaniştii au început să-l conteste pe baza faptului că nu se aplică în cazul multor plante.

Coyne şi Orr, zoologi care cercetează speciaţia folosind musculiţa de oţet (*Drosophila melanogaster*) cu înmulţire rapidă, l-au urmat pe

Mayr considerând că alopatria reprezintă principala cale către speciaţie. Ei au modificat uşor definiţia lui Mayr recunoscând că speciaţia darwiniană este un proces de lungă durată şi că există stadii intermediare în care nu este posibil să faci diferenţiere clară între specii. Conceptul actualizat de ei, care a devenit dogmă, fără a fi însă unanim acceptat, defineşte specia biologică drept „grupuri de populaţii care se încrucişează între ele şi care manifestă o izolare reproductivă substanţială, dar nu neapărat completă, în raport cu alte astfel de populaţii"[11].

Coyne şi Orr separă izolarea în două categorii: cea a precopulaţiei şi cea a postcopulaţiei. Precopulaţia presupune:

a. Bariere ecologice, atunci când populaţiile ocupă sau se reproduc în habitate diferite.

b. Bariere temporale, când populaţiile se împerechează în momente diferite din zi sau din an.

Pg.336

c. Bariere comportamentale, când membrii unei populaţii aleg dacă şi cu cine se împerechează, comportament cunoscut şi sub numele de împerechere selectivă.

d. Bariere mecanice, atunci când diferenţe morfologice sau fiziologice împiedică împerecherea.

Izolarea de tip postcopulaţie presupune faptul că rezultatul împerecherii nu este viabil (avort sau fetuşi născuţi morţi), este steril (precum catârul rezultat din împerecherea dintre un cal şi un măgar) sau este mai slab adaptat decât fiecare din părinţi pentru a supravieţui şi a se reproduce, astfel încât urmaşii lui dispar.

Această definiţie ortodoxă a speciei pune totuşi patru probleme principale.

1. *Verificabilitatea*

Dacă principala cale către speciaţie este separarea geografică a unor părţi dintr-o populaţie, întrucât cele două părţi sunt izolate una de cealaltă, nu putem observa dacă membrii uneia din părţi ar putea sau nu să se împerecheze cu membrii celeilalte părţi. Rarele excepţii se petrec atunci când membrii unei părţi a populaţiei migrează înapoi în teritoriul celeilalte părţi.

2. Reproducerea asexuată

Definiţia în discuţie se sprijină pe reproducerea sexuată, dar cele mai multe specii se reproduc asexuat. Una dintre aceste metode este par- tenogeneza, numită uneori naşterea din fecioară.

partenogeneză Dezvoltarea unui ovul într-un descendent fără fertilizarea ovulului de către un mascul.

Multe nevertebrate, precum insectele, produc urmaşi în acest fel.

De exemplu rotiferii din clasa Bdelloidea, nevertebrate microscopice care trăiesc în mediul acvatic, sunt numai femele şi totuşi se reproduc şi au ajuns până la 300 de specii cunoscute. Cele mai multe animale care se reproduc partenogenetic au şi reproducere sexuată. Acestea includ albinele şi furnicile plus unele vertebrate, precum specii de şerpi, peşti, amfibieni, reptile şi păsări, dar nu şi mamifere. Este un fenomen mai rar la plante, unde dezvoltarea partenogenetică naturală apare la trandafiri şi la portocali.

O altă modalitate de reproducere asexuată este fisiunea binară.

fisiune binară Divizarea unei celule în două, astfel încât fiecare celulă produsă este identică cu celula iniţială, ajungând de obicei la aceeaşi dimensiune cu aceasta.

Pg.337

Cea mai mare parte a speciilor de pe planetă - care sunt bacterii şi arhee - se reproduc în acest fel.

Coyne şi Orr susţin că reproducerea bacteriană se potriveşte cu definiţia lor, deoarece genele sunt schimbate între bacterii printr-un proces cunoscut drept transfer orizontal sau lateral de gene, care „poate genera un transfer rar de gene şi recombinaţii". Pe de altă parte, Millennium Ecosystem Assessment spune că:

> Conceptele de specie bazate pe fluxul genetic şi pe limitele sale, cum este conceptul de specie biologică, nu se aplică taxonilor cu reproducere asexuată. De asemenea, ele sunt neadecvate în cazul taxonilor „pansexuali“, cum sunt unele bacterii, la care fluxul genetic poate fi împărtăşit chiar şi de specii foarte diferite.[12]

3. *Hibridizarea reuşită*

Conform definiţiei neodarwiniene curente, împerecherea membrilor a două specii diferite are drept consecinţă apariţia unor urmaşi neviabili, infertili sau atât de puţin adaptaţi să supravieţuiască şi să se reproducă încât urmaşii lor vor dispărea.

Totuşi, 25% dintre plantele vasculare (care includ toate plantele cu flori) din Anglia, 16% dintre fluturii din Europa, 9% dintre toate speciile cunoscute de păsări şi 6% dintre toate mamiferele - inclusiv căprioarele - din Europa se pot hibridiza cu succes, producând urmaşi fertili.[13]

4. *Hibridizarea poliploidă*

Nu numai că numeroase plante se pot hibridiza cu succes, dar acest proces poate genera o nouă specie aproape imediat, şi nu pe parcursul a mii de generaţii. În capitolul următor voi discuta acest tip particular de hibridizare, cunoscută sub numele de poliploidie, în cadrul căreia hibridul şi urmaşii săi nu se pot împerechea cu membrii speciei parentale.

Coyne şi Orr au numărat cel puţin 25 de definiţii alternative ale speciei folosite astăzi. Totuşi, fiecare dintre ele are cel puţin la fel de multe probleme precum definiţia ortodoxă actuală.

Sunt astfel nevoit să conchid că, trecând în revistă dovezile în favoarea evoluţiei biologice, nu putem decât să acceptăm definiţiile speciei (şi caracterele folosite pentru clasificarea unui individ dintr-o specie dată) adoptate de specialiştii relevanţi. Această soluţie prezintă însă unele neconcordanţe semnificative. De exemplu, caracterele folosite pentru clasificarea speciilor de furnici sunt foarte diferite de cele folosite pentru clasificarea fluturilor. Ogarii irlandezi, ai căror umeri ating o înălţime de 90 cm, sunt clasificaţi în aceeaşi

specie (*Canis lupus familiaris*) cu chihuahua, care ating 15 cm, în timp ce pescăruşul cu cap negru (*Larus melanocephalus*), la care adultul are o lungime medie de 39 cm, este clasificat ca o specie diferită faţă de pescăruşul sur (*Larus canus*), la care adultul atinge 41 cm, e puţin mai lung, cu picioarele mai roşiatice şi are capul negru numai în perioada de vară. Dacă ar fi existat numai ca forme fosile, cei doi pescăruşi ar fi fost imposibil de diferenţiat, iar cei doi câini ar fi fost clasificaţi în specii diferite.

FOSILELE

Registrul fosil a crescut enorm de la Darwin încoace, mai ales în ultimii treizeci de ani. Cu toate astea, există două probleme majore atunci când evaluăm fosile pentru a înţelege evoluţia biologică.

Sărăcia registrului fosil

Aceleaşi motive geologice şi fiziologice enumerate în capitolul 14 cu privire la lipsa fosilelor celor mai timpurii forme de viaţă[152] se aplică tuturor formelor de viaţă. În plus, mişcările tectonice şi eroziunile au distrus multe fosile ale speciilor timpurii din straturile mai vechi de sol.

Richard Leakey şi Roger Lewin au estimat că, din cele aproximativ 30 de miliarde care au trăit în ultimele 600 de milioane de ani, doar aproximativ 250.000 de specii eucariote s-au conservat ca fosile.[14] Această estimare ne dă de înţeles că numai una din 120.000 de specii eucariote s-a fosilizat; şi nu e luat în considerare numărul mult mai mare de specii procariote.

Aceste fosile nu sunt reprezentative. Părţile dure ale organismelor, precum dinţii şi oasele, au şanse mult mai mari de fosilizare decât părţile moi. Aproximativ 95% din registrul fosil conţine resturi ale unor fiinţe care au trăit în mediul acvatic, în special în mări puţin adânci.[15]

Interpretarea

Chiar şi în cazurile rare în care s-au găsit fosile complete ale unui organism, nu lipsesc problemele de interpretare. De exemplu, după studierea fosilelor din şisturile Burgess, datate în perioada cambriană, Simon Conway Morris a interpretat în 1977 o fosilă lungă de 25 mm ca rămăşiţă a unui animal ce se deplasa pe fundul mării cu ajutorul unor picioare ţepoase, unduind pe spatele corpului şapte tentacule, după cum se vede în figura 17.1. Era un exemplar unic, iar Conway Morris l-a clasificat drept o nouă specie, *Hallucigenia sparsa*, una dintre acele specii care au apărut dintr-odată în cambrian şi apoi nu au mai fost întâlnite.

Pg.339

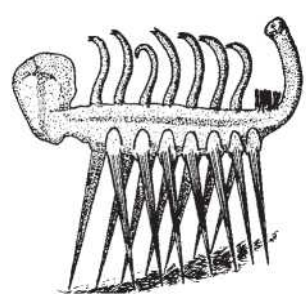


Figura 17.1 Prima reconstrucţie a fosilei *Hallucinogenia sparsa.*

Potrivit unei alte interpretări, *Hallucinogenia* era un apendice al unui animal mai mare, necunoscut. Apoi, în 1991, Lars Ramskold şi Hou Xianguang, examinând specimenele găsite în Chengjiang, China,

au conchis că reconstrucţia lui Conway Morris este cu susul în jos; de fapt, *Hallucinogenia* se deplasa cu ajutorul unor perechi de tentacule şi se proteja cu o platoşă de spini, aşa cum se vede în Figura 17.2.

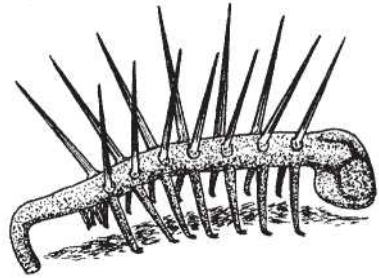


Figura 17.2 A doua reconstrucţie a fosilei *Hallucinogenia sparsa.*

Hallucinogenia a fost reclasificată în încrengătura *Onychophora,* transformându-se astfel într-un strămoş îndepărtat al unor animale asemănătoare omizilor care trăiesc astăzi în pădurile tropicale, iar nu într-o specie separată.[16] Această interpretare a fost acceptată de Conway Morris şi de cei mai mulţi paleontologi, deşi nu au putut cădea de acord cu privire la locul ocupat de cap sau de coadă.

În mod obişnuit, fosilele cuprind doar fragmente de os sau de dinţi, astfel încât problemele de interpretare, reconstrucţie şi clasificare sunt cu atât mai mari.

Pg.340

Toate acestea justifică legea interpretării datelor sugerată în capitolul 6 în urma revendicărilor unor cosmologi. De exemplu, în 2006, paleontologul Jorn Hurum a convins Muzeul de Istorie Naturală din Oslo să-i plătească un milion de dolari pentru o fosilă mică pe care nu o studiase în detaliu. Doi ani mai târziu, sir David Attenborough, decanul prezentatorilor de televiziune specializaţi în istorie naturală, a anunţat agenţiile de ştiri adunate în prezenţa primarului Michael Bloomberg şi a unor panouri publicitare ce făceau reclamă unei cărţi şi unui documentar cu titlul The Link, că veriga lipsă nu mai lipseşte. Hurum, care clasificase fosila excepţional de bine conservată şi veche de 47 de milioane de ani drept *Darwinius masillae*, a explicat că aceasta este „prima verigă ce precedă toţi oamenii“. La care adăuga cu modestie că „imaginea acesteia va apărea în toate manualele în următoarea sută de ani“.

După mai puţin de cinci luni, Erik Seiffert, de la Universitatea Stony Brook din New York, care a condus un studiu publicat în Nature despre o fosilă asemănătoare, dar cu zece milioane de ani mai recentă, avea să spună că „analizele noastre nu susţin afirmaţia că *Darwinius* este o verigă din genealogia primatelor superioare“[17].

Cel puţin *Darwinius* nu e un fals, dar fraudele trec adesea neobservate, din cauza problemelor de interpretare. De la omul din

Piltdown, dezgropat în 1912 şi a cărui origine falsificată a fost descoperită abia după 40 de ani, au fost scoase la iveală o mulţime de alte fraude. Una dintre cele mai recente şi mai ample a fost falsificarea sistematică a datării fosilelor comisă timp de 30 de ani de Reiner Protsch, la vremea respectivă un distins antropolog, înainte de a fi forţat, în 2005, să se retragă de la Universitatea din Frankfurt. Arheologul Thomas Terberger, care a descoperit frauda, observa că:

> Antropologia urmează să sufere o revizuire completă a teoriei sale despre omul modern care a trăit cu 40.000 până la 10.000 de ani în urmă. Cercetările profesorului Protsch păreau să dovedească că neanderthalienii şi oamenii moderni din punct de vedere anatomic au coexistat şi chiar au avut copii împreună. Acest lucru pare acum o prostie.[18]

Dovezi genetice mai recente, discutate în partea a treia, sugerează că unii neanderthalieni s-au împerecheat cu unii oameni timpurii, dar acest lucru nu validează datele false oferite de Protsch.

Registrul fosil

Având în vedere aceste probleme, figura 17.3 schiţează prin intermediul unui ceas - şi pe baza capitolelor 12 şi 14 şi a unor studii citate mai târziu în această secţiune - cele mai bune estimări actuale ale scării temporale a registrului fosil.

Figura arată în ansamblu că, dacă ceasul porneşte de la ora 0, adică din momentul formării Pământului, în urmă cu aproximativ 4,5 miliarde de ani, presupusul bombardament cu asteroizi sau comete din ultima parte a erei hadeene s-a terminat la ora 3:12 (adică în urmă cu 3,9 miliarde de ani).

Pg.341

Deşi nu vom şti niciodată cu precizie când a apărut viaţa din materia neînsufleţită de pe suprafaţa Pământului, estimările cel mai puţin disputate indică prezenţa celor mai vechi microbi fosili la ora 5:20 (acum 3,5 miliarde de ani). Astfel de microbi, în special bacterii şi arhee, au fost singurele forme de viaţă timp de aproximativ 3 miliarde de ani; animalele au apărut abia în jurul orei 20:32 (cu 0,65 miliarde de ani în urmă), în timp ce omul a apărut cu 29 de secunde înainte de miezul nopţii.

Analizele chimice şi radiometrice ale rocilor indică faptul că, în cea mai mare parte a istoriei Pământului, exista foarte puţin oxigen în oceane, în ape puţin adânci sau în atmosferă (vezi tabelul 17.1).

Corelaţiile cu registrul fosil sugerează că primii microbi au fost extremofilele care se menţineau în viaţă prin ingestia de substanţe chimice, probabil compuşi de sulf şi hidrogen, rezultate din descompunerea apei. Până la urmă, strămoşii cianobacteriilor au ajuns prin intermediul evoluţiei să folosească lumina solară drept sursă de

energie. Vestul Australiei are unul dintre cele mai continue şi bine studiate depozite de stromatolite, structuri laminare alcătuite mai ales din cianobacterii, care domină registrul fosil de acum două miliarde până la un miliard de ani.[19]

Unele cianobacterii excretau oxigen într-un proces de eliminare a deşeurilor metabolice. În timp ce oxigenul era otrăvitor pentru bacteriile timpurii (anaerobe), unele specii s-au adaptat şi au început să folosească oxigenul pentru propriul metabolism (bacteriile aerobe).

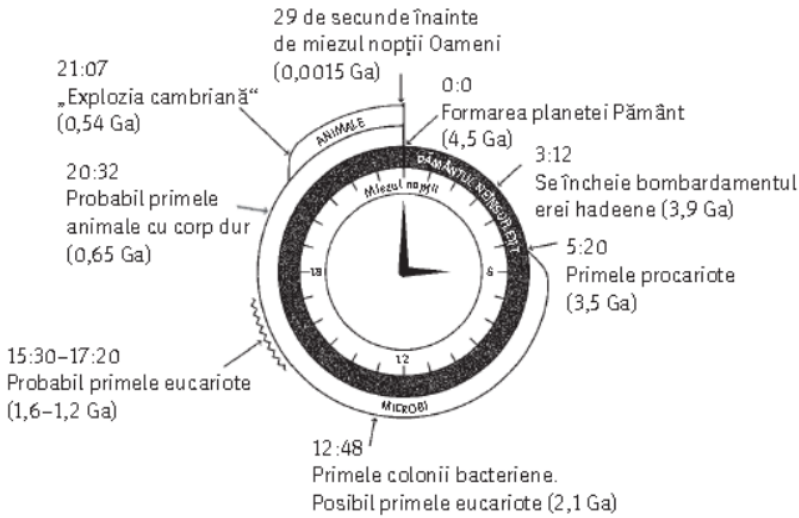


Figura 17.3 Evoluţia formelor de viaţă pornind de la registrul fosil reprezentată sub forma unui ceas de 24 de ore.

Pg.342

Perioada (miliarde de ani în urmă)	Oxigenul în oceanele adânci	Oxigenul în oceanele puţin adânci	Oxigenul în atmosferă (presiunea atmosferică)
3,85–2,45	Absent	Posibil mici pungi	absent
2,45–1,85	Absent	Uşor oxigenat	0,02–0,04
1,85–0,85	Uşor oxigenat	Uşor oxigenat	0,02–0,04
0,85–0,54	În general absent	Creşterea oxigenării până la un nivel asemănător cu cel al atmosferei	Creşte la 0,2
0,54 până în prezent	Oxigenarea variază considerabil	Oxigenat	Creşte la 0,3 şi apoi scade până la valoarea actuală de 0,2

Tabelul 17.1 Oxigenarea oceanelor şi atmosferei.

Sursa: Heinrich D. Holland, „The Oxygenation of the Atmosphere and Oceans", Philosophical Transactions of the

Royal Society B:Biological Sciences, nr. 361/1470, 2006, pp. 903-915.

Cea mai veche fosilă de eucariotă - o celulă nucleată care conţine organite, inclusiv mitocondrii, şi care foloseşte oxigen pentru a genera energie pentru celulă - a fost descoperită sub formă de peliculă fină de carbon în roci vechi de 2,1 miliarde de ani situate în Empire Mine, din apropiere de Marquette, Michigan. Este posibil să fi fost vorba de o colonie de bacterii, dar dimensiunile sale de peste un centimetru şi forma tubulară sugerează că ar fi vorba mai curând de *Grypania spiralis,* o algă eucariotă.[20]

În 2010, o echipă interdisciplinară condusă de Abderrazak El Albani, de la Universitatea din Poitiers, a anunţat descoperirea a peste 250 de fosile bine conservate în şisturi negre vechi de 2,1 milioane de ani (situate în sud-estul Gabonului), pe care le-au considerat urme de viaţă pluricelulară. Datele bazate pe izotopi de sulf şi de carbon indică faptul că aceste structuri cu dimensiuni de până la 12 cm erau biogene, iar tiparele de creştere deduse din morfologia fosilelor sugerează existenţa semnalizării între celule şi a răspunsurilor coordonate, asociate de regulă cu organizarea pluricelulară. În plus, analizele speciaţiei fierului sugerează că organismele foloseau probabil oxigen pentru a respira. Ca şi în cazul pretinsei *Grypania spiralis*, datarea fosilelor coincide cu începuturile oxigenării oceanelor puţin adânci şi atmosferei (vezi tabelul 17.1). Cercetătorii nu exclud posibilitatea ca aceste fosile să reprezinte cele mai vechi eucariote pluricelulare.[21] Totuşi, aşa cum au arătat Philip Donoghue şi Jonathan Antcliffe, de la Departamentul de Ştiinţe ale Pământului al Universităţii din Bristol, fără alte dovezi suplimentare acestea trebuie considerate colonii bacteriene.[22]

Pg.343

Mult mai larg acceptată drept cea mai veche formă de viaţă eucariotă este marea populaţie de microfosile sferice conservate în şisturile de pe coasta marină a grupului Ruyang din nordul Chinei, numite *Shuiyousphaeridium macroreticulatum.* Este vorba, practic, despre un organism unicelular cu o vechime situată între 1,6 şi 1,26 miliarde ani.[23]

În vreme ce nivelul oxigenului din oceane şi din atmosferă a rămas scăzut vreme de aproape 3 miliarde de ani, în urmă cu 0,85-0,54 miliarde de ani oxigenarea oceanelor puţin adânci a crescut semnificativ, iar atmosfera a atins nivelul actual de 20% concentraţie de oxigen, probabil datorită răspândirii rapide a cianobacteriilor care excretă oxigen. Acest episod este concordant cu apariţia, în urmă cu aproximativ 600 de milioane de ani, a unor animale marine simple care extrag oxigenul din apă pentru metabolismul lor, urmate de peşti şi apoi de animale terestre care metabolizează oxigenul atmosferic

prin respiraţie.

În august 2010, geologul Adam Mallof şi colegii săi de la Universitatea Princeton au susţinut că au descoperit cele mai vechi exemplare de animale nevertebrate cu corpul tare. Ei au găsit sub un depozit glaciar din sudul Australiei fosile ce sugerează că în reciful de corali au trăit cu aproximativ 650 de milioane de ani în urmă nişte animale asemănătoare unor spongieri primitivi. Dacă această descoperire se confirmă înseamnă că viaţa animală a existat înainte de transformarea Pământului într-un „bulgăre de zăpadă“, eveniment cunoscut sub denumirea de glaciaţiune marinoană, care a lăsat cea mai mare parte a planetei acoperită de gheaţă.[24]

În diferite locuri din întreaga lume s-au găsit amprente fosilizate în gresie ale mai multor tipuri de animale primitive cu corpul moale datând de acum aproape 600 de milioane de ani. Ele marchează apariţia faunei ediacarane, după numele colinelor Ediacara din sudul Australiei, unde au fost descoperite în 1946.

Cele mai multe dintre ele au dispărut din registrul fosil de acum 542 de milioane de ani, cu toate că descoperiri mai recente indică faptul că organismele ediacarane au existat în continuare în perioada cambriană. Pe lângă organisme care nu seamănă cu nici unul dintre cele existente astăzi, amprentele sugerează prezenţa unor cnidari asemănători cu meduzele, lichenii, coralii moi, anemonele marine şi viermii anelizi de astăzi, dar nu e încă cert dacă aceştia sunt strămoşi ai speciilor actuale.[25]

Paleontologii au numit perioada geologică timpurie a cambrianului, cu o vechime de 545 milioane de ani, explozie cambriană, fiindcă e marcată de apariţia bruscă a unei mari varietăţi de membri ai regnului animal ce au corp moale sau corp tare - eucariote pluricelulare care se hrănesc cu alte organisme şi au nevoie de oxigen pentru a supravieţui -, urmată de o la fel de bruscă dispariţie a celor mai multe dintre ele, la sfârşitul perioadei, cu aproximativ 485 de milioane de ani în urmă. Totuşi, având în vedere că straturile din ultimele zece procente din istoria Pământului au fost datate în primul rând prin conţinutul lor fosil, ne confruntăm cu un argument circular. Descoperiri mai recente, la care se adaugă datarea radiometrică a straturilor de roci, sugerează că multe specii şi genealogii au apărut înainte sau au dispărut după acest interval de timp.

Fosilele de tranziţie

Creaţioniştii susţin că absenţa fosilelor de tranziţie de la o specie la alta contrazice teoria evoluţiei biologice.

Richard Dawkins susţine, ca răspuns, că „aproape fiecare fosilă

descoperită poate fi considerată o formă intermediară între ceva şi altceva“. Amintindu-ne de observaţia lui Haldane citată la începutul acestui capitol, Dawkins susţine că nimic din registrul fosil nu falsifică evoluţia biologică.[26]

Bacteriile, cu excepţia celor care au evoluat în eucariote, păstrează în esenţă acelaşi plan corporal relativ simplu de peste 3 miliarde de ani. În cazul animalelor însă prima apariţie din registrul fosil a unei specii mai complexe nu a fost niciodată datată mai devreme de apariţia speciilor mai puţin complexe. Totuşi, mă aventurez să sugerez că ideea potrivit căreia fiecare fosilă reprezintă o etapă intermediară între ceva şi altceva prezintă situaţia în termeni mult prea simplişti.

Ca răspuns la afirmaţiile creaţioniştilor, biologii evoluţionişti invocă de obicei sărăcia inerentă a registrului fosil şi folosesc un argument avansat chiar de Darwin: organismele tranziţionale care sunt mai puţin adaptate la mediu decât strămoşii pierd în lupta pentru supravieţuire şi reproducere şi astfel dispar rapid la nivelul timpului geologic; de aici rezultă că există o şi mai mică probabilitate de a găsi fosile ale organismelor de tranziţie decât ale celor care s-au adaptat cu succes.

Există însă unele serii de fosile care susţin evoluţia biologică. Familia calului prezintă un registru fosil relativ bogat care se întinde de la Hyracotherium, un mamifer de dimensiuni apropiate de cele ale unei vulpi, cu degete separate şi dentiţie adaptată pentru hrănirea de tip omnivor, care datează de acum aproximativ 50 de milioane de ani, până la singura specie care a supravieţuit astăzi, *Equus,* calul cu picioare lungi, cu un singur deget şi cu dentiţia adaptată pentru păscut. Figura 17.4 ilustrează modificările anatomice apărute în timp la această linie descendentă.

Diagrama nu reprezintă o singură succesiune liniară. S-au găsit fosile ale multor altor ecvidee, sugerând existenţa unui arbore evolutiv cu mai multe ramuri din care a supravieţuit o singură linie descendentă ce ajunge până la calul modern.

Tranziţiile anatomice sunt concordante cu ipoteza potrivit căreia un mamifer de mici dimensiuni s-a adaptat pentru deplasarea pe solul moale şi umed al pădurilor primitive şi, având o alimentaţie bazată pe frunze fragede şi fructe, a evoluat în măsura în care pădurile au fost înlocuite de savană; în acest caz, numai varietăţile cele mai rapide au putut scăpa de prădători, ceea ce a condus la alungirea picioarelor, dezvoltarea unui singur deget pentru o viteză mai mare şi o dentiţie mai bine adaptată păscutului.

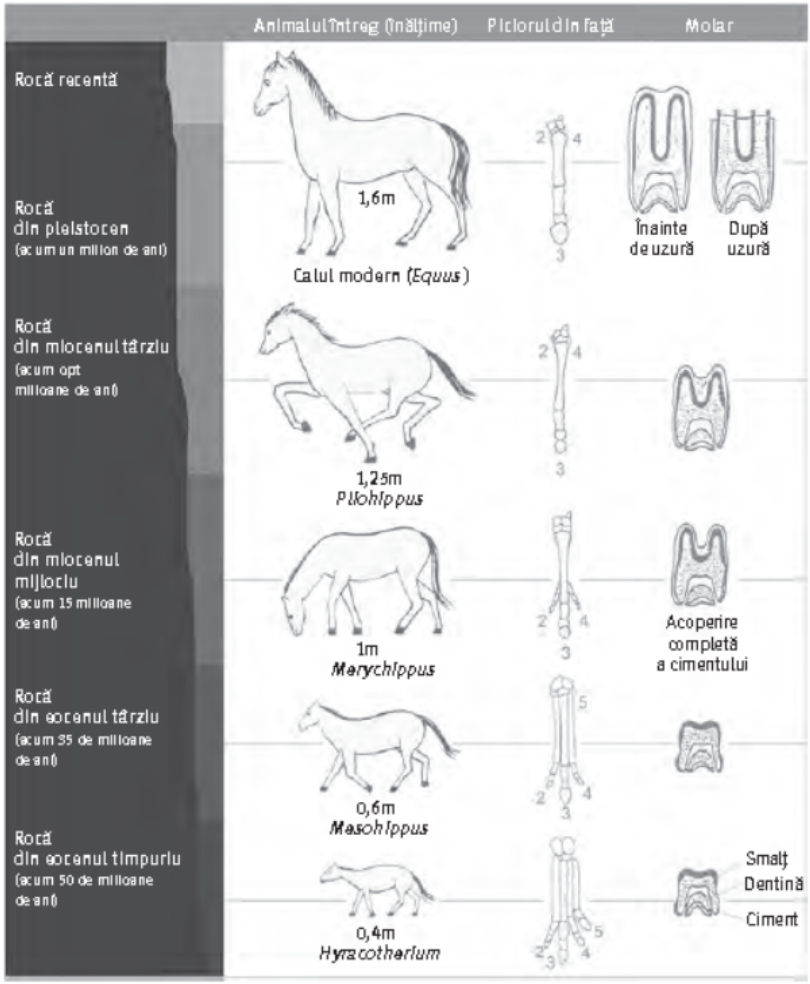


Figura 17.4 Evoluţia calului pornind de la registrul fosil.

Balenele reprezintă un alt argument în favoarea evoluţiei biologice. Asemenea tuturor celorlalte mamifere, ele respiră aer şi îşi hrănesc puii cu lapte. Cu toate astea, nu ies niciodată din mediul acvatic, urechile sunt închise, au înotătoare în loc de picioare şi posedă un metabolism care reţine oxigenul nu sub formă de gaz, ci sub formă de compus chimic, oferindu-le posibilitatea unora dintre ele să se scufunde până la adâncimi de aproape 1.500 de metri şi să stea sub apă aproximativ două ore; unele dintre ele, precum balena albastră, sunt masive şi pot cântări până la 150 de tone.

Pg.346

Potrivit paleontologului şi anatomistului Hans Thewissen, de la Northeastern Ohio Universities College of Medicine, una dintre autorităţile ştiinţifice în materie de apariţie a adaptărilor acvatice la balene, cei mai vechi strămoşi cunoscuţi ai acestora aparţin familiei *Pakicetidae* (balene pakistaneze), ale cărei genuri sunt *Pakicetus,*

Ichthyolestes şi Nalacetus. Thewissen şi echipa sa au mers pe urmele unei descoperiri anterioare şi au găsit mai multe oase fosilizate în Pakistan şi în nord-vestul Indiei, despre care se crede că se aflau aproape de vechea mare Tethys înainte ca placa indiană să se ciocnească de coasta cimeriană pentru a produce cele mai înalte vârfuri muntoase din lume.

Exemplarele de *Pakicetidae* au fost găsite la un loc, deci au aceeaşi vârstă. Deoarece datarea rocilor este problematică, Thewissen a estimat că aceste fosile au o vechime de 50 ± 2 milioane de ani, dar „cu o precizie redusă“[27].

Figura 17.5 ilustrează oasele de *Pakicetus* şi *Ichthyolestes,* în timp ce Figura 17.6 prezintă o reconstrucţie a lui Pakicetus, de dimensiuni asemănătoare cu cele ale unui lup.

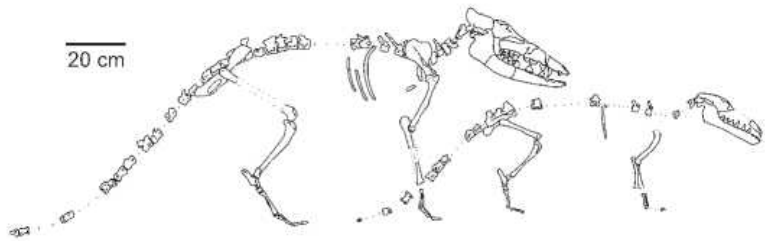


Figura 17.5 Oase de Pakicetus (animal de talie mare) şi Ichthyolestes (animal de talie mică). Scara indică dimensiunea scheletelor, arătând că Pakicetus era aproximativ de talia unui lup.

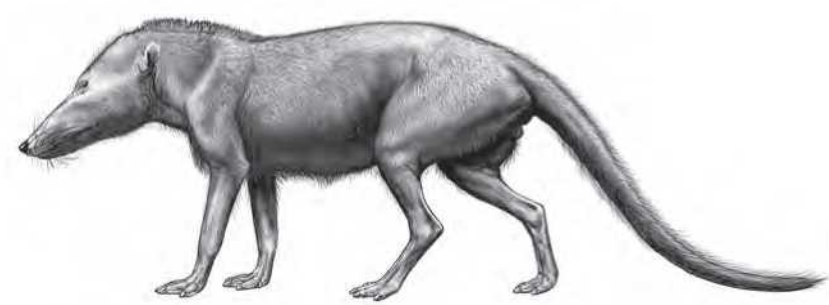


Figura 17.6 Reconstrucţia unui Pakicetus.

Pg.347

Aceste animale trăiau pe uscat, însă Thewissen susţine că prezintă trăsături neîmpărtăşite cu alte mamifere, ci doar cu cetaceele actuale şi arhaice (balene, delfini şi marsuini): o reducere a suprafeţei de sfărâmare la nivelul dinţilor, o creştere a vitezei de închidere a fălcilor şi o formă a regiunii postorbitale şi temporale a craniului care le influenţa auzul şi văzul. Thewissen e de părere că aceste mamifere copitate au trecut la o dietă bazată pe pradă acvatică atunci când au început să traverseze curenţi de mică adâncime. Au evoluat rapid.

Întreaga tranziţie de *la pakicetidae* la mamiferele marine a durat mai puţin de 8 milioane de ani, trecând prin următoarele etape: ambulocetide (balene umblătoare), care semănau cu un crocodil mamifer lung de trei metri şi ale căror fosile au fost descoperite în ceea ce se consideră că a fost un teren mlăştinos, protocetide cu picioare mult reduse, basilosauride cu corp enorm ca de şarpe şi cu înotătoare caudală asemănătoare cu cea a balenelor, şi dorudontide, care seamănă cu delfinii.[28]

Interpretarea oaselor fosilizate şi reconstrucţia unui exemplar pornind de la acestea, speculaţiile în legătură cu felul în care au funcţionat aceste animale, deducţiile la care s-a ajuns pornind de la analizele ADN calibrate prin folosirea ceasurilor moleculare şi datarea straturilor de roci pe baza conţinutului lor în fosile nu vor putea niciodată să reprezinte dovezi incontestabile. Totuşi, dovezile sunt concordante cu ipoteza evoluţiei de la mamifere copitate de talie mică la balenele acvatice imense. Sunt de asemenea concordante cu mamiferele actuale, adaptate în grade diferite atât la viaţa terestră, cât şi la cea marină, precum vidrele, vidrele marine şi focile.

Alte fosile considerate tranziţionale includ descoperirile din anii ’90, în special din formaţia Yixian din China, cu o vechime de 150-120 de milioane de ani, a peste douăzeci de genuri de dinozauri fosili cu pene.[29] De atunci s-au mai descoperit mulţi alţi dinozauri cu pene, mai mari, inclusiv o specie găsită în 2012 şi numită *Yutyrannus huali*, măsurând 7-8 m lungime şi având în jur de 1.400 de kilograme. În plus, secvenţele de amino- acizi din colagenul extras din rămăşiţele unui *Tyrannosaurus rex* descoperit mai recent seamănă cu cele ale găinilor actuale. Toate aceste dovezi sunt concordante cu ipoteza evoluţiei păsărilor din dinozaurii reptilieni.

În sfârşit, nu numai că explicaţiile creaţioniste alternative ale registrului fosil sunt lipsite de dovezi falsificabile, ele sunt totodată neconcordante cu dovezile pe care le avem; ca să nu mai vorbim de faptul că sunt lipsite de coerenţă internă153.

Extincţia speciilor

Abundenţa în straturile de roci mai timpurii a fosilelor unor specii pe care nu le mai întâlnim în straturi mai târzii ne dă de înţeles că acestea au dispărut. Estimarea proporţiei tuturor speciilor care au existat vreodată şi care au dispărut oscilează între 99%[30] şi 99,9%.[31]

Totuşi, aşa cum am văzut la începutul acestui capitol, nu există un consens cu privire la semnificaţia termenului specie. În plus, nimeni nu ştie cât de multe specii există astăzi, nici măcar de departe. Este o sfidare a logicii să evaluezi atât de precis, pornind de la un registru fosil sărăcăcios, numărul de specii existente acum trei miliarde, un

miliard, 100 de milioane, 10 milioane sau chiar 10.000 de ani, oricât de sofisticate ar fi modelele matematice folosite. Tot ce putem afirma în mod rezonabil este că majoritatea speciilor au dispărut.

În plus, biologii evoluţionişti fac deosebire între:

extincţie terminală Specia încetează să mai existe fără a lăsa nici un descendent evoluat.

Şi:

extincţie filetică sau pseudoextincţie Specia evoluează în una sau mai multe specii noi; prima specie a dispărut, dar linia evolutivă continuă.

Consensul ştiinţific este că majoritatea extincţiilor speciilor observate în registrul fosil şi toate cele observate astăzi sunt terminale.

Extincţia speciilor individuale

Potrivit modelului neodarwinian, extincţia speciilor individuale poate să fie filetică sau terminală. Prima se produce atunci când populaţia unei specii dintr-o nişă ecologică evoluează foarte gradual prin acumularea unor mutaţii genetice aleatorii care codifică trăsături ce le permit membrilor săi să concureze mai eficient pentru supravieţuire şi reproducere în respectiva nişă sau într-o altă nişă, până acolo încât populaţia se transformă într-o nouă specie.

Extincţia terminală se petrece atunci când membrii unei specii invadează întregul teritoriu al altei specii şi o extermină sau sunt mai bine adaptaţi în exploatarea surselor de hrană, forţând membrii speciei invadate fie să moară de foame, fie să devină atât de slăbiţi încât se vor reproduce mai puţin şi în consecinţă vor dispărea de-a lungul generaţiilor, sau se petrece atunci când o modificare majoră a condiţiilor de mediu se manifestă atât de rapid încât specia nu reuşeşte să se adapteze.

Extincţia în masă a speciilor

Potrivit perspectivei paleontologiei ortodoxe, Pământul a trecut prin cel puţin zece extincţii în masă în cadrul cărora un mare număr de specii au dispărut într-o perioadă scurtă din punct de vedere geologic. Tabelul 17.2 prezintă perioadele celor cinci extincţii majore în masă că ar fi avut loc în ultimii 500 de milioane de ani.

Extincţie	Când (acum x milioane de ani)	Specii dispărute
Ordovician–silurian	440	Toate animalele şi plantele de atunci trăiau în ocean şi au dispărut peste 85% dintre specii, inclusiv multe familii de nevertebrate marine ce aparţineau unor grupuri precum brahiopodele, echinodermele şi trilobiţii.
Devonianul târziu	360	Se estimează că au dispărut aproximativ 82% dintre toate speciile, inclusiv animalele care trăiau atunci pe uscat şi în mări. Cea mai mare extincţie a afectat animalele marine, printre care cefalopodele şi peştii placodermi.
Permian–triasic	250	Cea mai mare extincţie în masă din istoria Pământului, cu dispariţia a 95% dintre speciile marine şi a 70% dintre cele terestre, inclusiv 8 dintre cele 27 de ordine de insecte.
Triasic–jurasic	200	Au pierit 75% dintre toate speciile: majoritatea reptilelor marine, amfibienilor şi reptilelor terestre, inclusiv diferite grupuri de archozauri, reptile avansate care cuprindeau dinozaurii; totuşi, dinozaurii au supravieţuit.
Cretacic–terţiar (abreviat K–T, fiindcă C e folosit cu referire la cambrian)	65	Au dispărut până la 75% dintre genurile marine şi până la 50% dintre toate plantele şi animalele, inclusiv dinozaurii.

Tabelul 17.2 Marile extincţii în masă identificate de paleontologie.

Surse: Muzeul American de Istorie Naturală; „Mass extinction“, The Columbia Electronic Enciclopedia, ediţia a şasea, accesat la 29 octombrie 2008; „Extinction (biology)“, Microsoft Encarta OnlineEncyclopedia 2008, accesat la 29 octombrie 2008.

Aceste evenimente se produc la limita dintre două perioade geologice diferite, având în vedere că aceste perioade sunt definite în principal de conţinutul lor în fosile.

Deşi paleontologii sunt de acord că aceste extincţii în masă au avut loc, cu excepţia modificării drastice a condiţiilor de mediu, nu există încă un consens cu privire la cauze. Printre numeroasele cauze propuse se numără: glaciaţiuni periodice asociate cu scăderea concomitentă a nivelului oceanelor planetare, produse de modificări ale înclinării axei Pământului[154], o explozie letală de particule de energie înaltă cauzată de o erupţie solară masivă care a copleşit

magnetosfera protectoare a Pământului, radiaţia ionizantă din timpul pierderii temporare a magnetosferei protectoare din cauza inversării câmpului magnetic al Pământului[155], radioactivitatea letală

produsă de o supernovă, activitate tectonică, răcire globală produsă de erupţii vulcanice masive care au acoperit cerul cu nori, blocând lumina solară, încălzirea globală produsă prin erupţii vulcanice masive care au generat un efect de seră, răcirea globală produsă prin impactul unui meteorit masiv care a generat nori, blocând lumina solară, şi/sau a generat erupţii vulcanice masive, otrăvirea globală a animalelor şi plantelor dependente de oxigenul produs de bacterii şi arhee care au dominat Pământul în decursul primelor 3 miliarde de ani de viaţă şi aşa mai departe. Unele dintre aceste explicaţii se contrazic între ele, şi nu există suficiente dovezi pentru a le confirma, ca să nu mai vorbim de favorizarea uneia în detrimentul alteia.

Extincţia din cretacic-terţiar (K-T) este cea mai recentă, pentru ea existând cele mai multe dovezi. Muzeele şi cărţile de ştiinţă pentru publicul larg prezintă de multe ori drept o informaţie ştiinţifică confirmată faptul că planeta noastră a fost lovită de un asteroid masiv ce a şters de pe faţa pământului dinozaurii şi multe alte specii, din cauză că a provocat incendii globale, cutremure şi un nor de praf bogat în acid sulfuric care a blocat lumina solară timp de mai multe luni, ceea ce a dus la o răcire globală, ploi acide şi distrugerea lanţurilor trofice. Potrivit cercetătorului Walter Alvarez, coautor al ipotezei impactului, această extincţie în masă s-a petrecut într-o perioadă scurtă de unul până la zece ani.[32] Mulţi oameni de ştiinţă au pus sub semnul întrebării această explicaţie, dar agenţiile de ştiri specializate în ştiinţă au anunţat în 2010 că lucrurile s-au lămurit[33]: un grup inter- disciplinar de specialişti au revizuit cercetările din ultimii douăzeci de ani şi au ajuns la concluzia că impactul unui asteroid masiv în Peninsula Yucatan, Mexic, a provocat cu adevărat extincţia în masă.[34]

Totuşi, geofizicienii Vincent Courtillot şi Frederic Fluteau i-au acuzat pe aceşti specialişti că au comis „o eroare substanţială şi o interpretare greşită a articolului nostru“[35]. Geologul Gerta Keller, de la Princeton, şi alţii i-au acuzat că au fost

> părtinitori cu datele şi interpretările susţinătorilor acestui punct de vedere. Ei au ignorat o mulţime de dovezi ce nu susţin concluziile lor, dovezi acumulate de oameni de ştiinţă din diferite discipline (paleontologie, stratigrafie, sedimentologie, geochimie, geofizică şi vulcanologie) care documentează un scenariu pe termen lung ce implică combinaţii ale impacturilor, vulcanismului şi schimbării climatice.[36]

Biologul evoluţionist J. David Archibald şi alţi 22 de specialişti au subliniat că grupul „nu avea în componenţa sa cercetători din domeniul vertebratelor terestre“ şi că „scenariul simplist al extincţiei prezentat în articol a fost contrazis de nenumăratele studii despre

viaţa vertebratelor şi a altor organisme terestre şi marine de la sfârşitul cretacicului“.[37]

Dacă motivul extincţiei în masă din K-T este discutabil, ce se poate spune despre fenomenul în sine? Există foarte puţine specimene fosile din cele aproximativ o mie de specii de dinozauri care ar fi existat şi nu a fost examinată decât o singură zonă (cuprinsă între Alberta, Canada şi nord-vestul Statelor Unite) în care se găseşte tranziţie sedimentară cu resturi de dinozauri situată în limitele K-T. Urmele fosile lăsate de dinozauri în zona ce corespunde cretacicului târziu prezintă un declin gradual al diversităţii, cu o scădere de la treizeci la şapte genuri în ultimele 8 milioane de ani ai creta- ciului, ceea ce sugerează o extincţie mult mai lentă. În plus, dacă dinozaurii au fost eliminaţi brusc de un cataclism, de ce au rămas neafectate celelalte reptile, precum crocodilii, şopârlele, şerpii şi broaştele ţestoase?

Registrul fosil conţine foarte multe organisme marine, dar o imagine detaliată a perioadei ce corespunde limitelor K-T ne oferă foraminiferele planctonice şi nanoplanctonul calcaros, a căror dispariţie s-a petrecut în decursul unei lungi perioade de timp care a început cu mult înainte şi s-a terminat cu mult după aceste limite. Brahiopodele au avut multe pierderi în K-T, dar, deşi acelaşi lucru se afirmă şi despre amoniţi, există mult prea puţine secţiuni care să conţină amoniţi pentru a arăta dacă dispariţia lor a fost treptată sau abruptă.[38]

Dacă nici până acum nu avem certitudini cu privire la natura cauzei extincţiei în masă din K-T, cât de multă încredere putem acorda detaliilor prezentate cu referire la extincţiile în masă care au avut loc anterior?

Staza şi speciaţia bruscă

După cum am văzut în capitolul precedent, unul dintre motivele pentru care comunitatea ştiinţifică a întârziat acceptarea ipotezei darwiniene a selecţiei naturale a fost gradualismul său implicit. Acest gradualism nu era susţinut de registrul fosil ce arăta specii pe deplin formate care rămâneau neschimbate până când dispăreau. Dovada era concordantă cu saltaţionismul, ipoteza potrivit căreia evoluţia biologică s-a produs în salturi.

Adoptarea neodarwinismului de către biologi în anii ’40 a consolidat totuşi argumentele teoretice ale geneticienilor populaţiei în favoarea evoluţiei bazate pe gradualismul darwinian şi a influenţat interpretarea registrului fosil.

Pg.352

Totuşi, în 1972, într-un capitol intitulat[39] „Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism“ [„Echilibrul punctat: o alternativă la gradualismul filetic“], Niles Eldredge şi Stephen Jay

Gould au contestat fundamentul empiric al explicaţiei neodarwiniene. Acest lucru a provocat confruntări adesea caustice care continuă şi astăzi. Iată cum a rezumat ulterior Gould concluzia la care a ajuns:

> Istoria celor mai multe specii fosile include două trăsături complet nepotrivite cu gradualismul: (1) Staza. Cele mai multe specii nu prezintă modificări direcţionale în decursul existenţei lor pe Pământ. Ele apar şi dispar din registrul fosil având aproape aceeaşi înfăţişare; modificarea morfologică este de obicei limitată şi fără vreo direcţie. (2) Apariţia bruscă. În oricare arie locală, o specie nu apare în mod gradual prin transformarea progresivă a strămoşilor săi, ci dintr-odată şi „pe deplin formată".[40]

Voi examina ipoteza echilibrului punctat într-un alt capitol. Aici vreau să văd ce ne indică probele fosile.

Neodarwiniştii îşi bazează modelul pe studiul întreprins în 1987 de geologul Peter Sheldon pe 3.458 specimene de trilobiţi (grup dispărut de artropode marine, rude îndepărtate ale crabilor-potcoavă şi ale insectelor) care provin din diferite straturi de rocă sedimentară din Wales reprezentând o perioadă de aproximativ 3 milioane de ani. O caracteristică ce diferenţiază speciile este numărul de „coaste“ pigidiale (segmente fuzionate ale cozii). Sheldon a descoperit că la opt genuri de trilobiţi numărul mediu de coaste pigidiale a crescut în timp. El a conchis că, datorită acestei schimbări graduale, care uneori se dovedea reversibilă, era imposibil să atribui cele mai multe exemplare unei anumite specii linneene. Deoarece taxonomiştii includ o gamă largă de forme morfologice într-o singură specie, stabilirea apartenenţei la taxoni linneeni ar fi putut fi cu uşurinţă interpretată greşit drept o dovadă de transformare punctată şi stază.[41]

Eldredge prezintă totuşi o interpretare diferită a datelor lui Sheldon. În primul rând, el susţine că lipsa coastelor nu dovedeşte că trilobitul şi-a pierdut segmentarea cozii; mai curând, aceste segmente nu sunt vizibile la suprafaţa cozii, la fel cum se întâmplă cu maturizarea larvelor crabilor-potcoavă de astăzi, care seamănă mai mult cu un trilobit. În al doilea rând, în două filiaţii de trilobiţi numărul de coaste pigidiale oscilează mai curând decât să crească în mod gradual, în timp ce la alte trei filiaţii numărul de coaste rămâne constant în câteva straturi diferite, creşte apoi semnificativ şi se stabilizează, ceea ce se potriveşte cu migrarea în acelaşi strat a altor grupuri înrudite, dar diferite de trilobiţi. În al treilea rând, astfel de „variaţii anatomice minore precum numărul de coaste - multe dintre ele neconducând într-o direcţie cumulativă - nu pot explica diferenţe anatomice mult mai substanţiale ce pot fi observate între grupurile strâns înrudite"[42].

Acest punct de vedere este susţinut de paleobiologul Alan Cheetham, de la Muzeul de Istorie Naturală al Institutului Smithsonian. În 1986, Cheetham a întreprins un studiu pe genul Metrarabdotus, specie de nevertebrate acvatice sesile ale căror fosile au fost descoperite în straturi de roci depozitate de acum 11 până la 4 milioane de ani. Unele specii există şi astăzi şi sunt comparabile morfologic. Cheetham a măsurat până la 46 de caractere morfologice pentru fiecare specimen dintr-un total de aproximativ 1.000 de exemplare din 100 de populaţii. A ajuns la concluzia că cele mai multe specii nu s-au modificat de-a lungul unor perioade de câteva milioane de ani, iar cele mai multe specii noi au apărut brusc, fără populaţii intermediare tranziţionale; în cazul în care au existat, formele intermediare trebuie să fi durat în medie mai puţin de 160.000 de ani. În cel puţin şapte dintre cazuri, speciile-părinte au existat în continuare şi după ce au dat naştere altor specii. Toate acestea ar susţine modelul evoluţiei bazate pe echilibru punctat.[43] Ulterior, Cheetham a avertizat că nu e corect să se ia în considerare modificările unui singur caracter (aşa cum a făcut Sheldon cu numărul de coaste pigidiale).[44]

Eldredge admite că speciile prezintă variaţii, dar spune că registrul fosil manifestă rareori transformări progresive într-o anumită direcţie care să dureze foarte mult. Studiul lui Bruce Lieberman referitor la istoria evolutivă a două specii de moluşte arhaice demonstrează că ambele specii s-au schimbat doar în mică măsură şi după şase milioane de ani au ajuns să semene foarte mult cu felul în care arătau atunci când au apărut pentru prima oară în registrul fosil. Acest fenomen, în opinia lui Eldredge, este tipic: „Ceea ce vedem [...] sunt oscilaţii. Trăsăturile variabile par să se învârtă în jurul unei valori medii“[45].

El mai adaugă că modificările mărunte şi progresive din cadrul unei specii ce pot fi observate în registrul fosil sunt prea lente pentru a explica marile modificări adaptative evolutive. Celor mai vechi forme de lilieci sau de balene le-au trebuit în jur de 55 de milioane de ani să ajungă la morfologia actuală. Dar dacă extrapolăm în sens invers această rată a modificărilor, liliecii şi balenele ar fi trebuit să se separe de mamiferele terestre primitive cu mult înainte de apariţia oricărui animal placentar.

Cât despre perspectiva actuală, în ediţia din 2014 a *Encyclopedia Britannica Online* fostul preşedinte al Asociaţiei Americane pentru Progresul Ştiinţei, Francisco Jose Ayala, favorizează argumentul ortodoxiei neodarwiniste:

> Registrul fosil arată că evoluţia morfologică e în general un proces gradual. Modificările evolutive majore se datorează de obicei unei acumulări de modificări relativ mici ce se produc de-

a lungul timpului [...]. Aparenta discontinuitate morfologică observată în registrul fosil este adesea atribuită de

paleontologi unor intervale substanţiale de timp care lipsesc între diferitele straturi fosilifere. Se presupune că, dacă depozitele de fosile ar avea o continuitate mai mare, s-ar putea evidenţia o tranziţie mai graduală a formelor [sublinierea îmi aparţine].[46]

Ayala, care s-a specializat în genetică moleculară, îşi sprijină demonstraţia pe o supoziţie. Eldredge, care este paleontolog, se opune categoric:

Însuşi Darwin [...] a prevăzut că generaţiile viitoare de paleontologi vor completa aceste lacune prin cercetări laborioase [...], dar a devenit limpede că registrul fosil nu va confirma această parte a prezicerilor lui Darwin. Problema nu este că acest registru e extrem de sărăcăcios. Probele fosile pur şi simplu ne arată că această predicţie este greşită [...]. Observaţia că speciile sunt entităţi extrem de conservatoare şi de statice pentru lungi perioade de timp are toate calităţile hainelor noi ale împăratului: toată lumea a ştiut asta, dar a preferat s-o ignore. Paleontologii, confruntându-se cu un registru recalcitrant ce refuză cu încăpăţânare să susţină tiparul prezis de Darwin, pur şi simplu au întors privirile în altă parte.[47]

Registrul fosil cuprinde, incontestabil, multe exemple de animale fosile care au rămas în linii mari neschimbate morfologic timp de mai multe milioane de ani. Bacteriile nu au suferit modificări morfologice semnificative de peste 3 miliarde de ani.

Ayala admite că:

Formele fosile rămân adesea neschimbate în mai multe straturi geologice, fiecare reprezentând milioane de ani [...]. Exemple sunt acele filiaţii cunoscute drept „fosile vii“ - de pildă, Lingula, un brahiopod (o încrengătură de nevertebrate cu cochilie) ce pare să fi rămas neschimbat din perioada ordoviciană, de acum aproximativ 450 de milioane de ani; sau tuatara (*Sphenodon punctatus)*, o reptilă care prezintă un nivel foarte redus de evoluţie morfologică pe parcursul a 200 de milioane de ani, din perioada timpurie a mezozoicului.[48]

Acelaşi lucru este valabil şi în cazul multor crocodilieni (aligatori, crocodili, caimani, gaviali), care au dăinuit fără modificări semnificative timp de 200 de milioane de ani, în timp ce rămăşiţele extrem de bine conservate ale unor crustacee triopside vechi de 220 de milioane de ani nu se pot deosebi de cele ale actualilor creveţi-potcoavă, *Triops cancriformis.* Acestea sunt unele dintre exemplele de specii care au rămas practic neschimbate timp de sute de milioane de

ani, în ciuda presupuselor modificări catastrofale ale mediului care au produs extincţii în masă. Există şi mai multe specii care au rămas neschimbate în registrul fosil de-a lungul a zeci de milioane de ani.

Pg.355

Absenţa dovezilor nu e o dovadă a absenţei. Din cauza sărăciei registrului fosil, a diferitelor caracteristici morfologice folosite de diferiţi taxonomişti în clasificarea speciilor şi a posibilităţii ca apariţia aparent bruscă (în timp geologic) a unei alte specii pe deplin formate să se fi datorat migrării unei noi specii, s-ar putea obţine un tipar de stază dacă mecanismul de bază ar fi echilibrul gradual sau punctat. Totuşi, se pare că registrul fosil nu oferă exemple incontestabile de modificări cumulative şi graduale ce produc specii complet distincte. Pe de altă parte, există foarte multe exemple incontestabile de stază evolutivă.

Putem conchide că tiparul normal al dovezilor fosile ale animalelor este cel de stază morfologică cu modificări minore şi adesea oscilante, punctate de apariţia bruscă din punct de vedere geologic - în zeci de mii de ani - a unor noi specii care rămân în esenţă neschimbate până când dispar din registrul fosil sau continuă până în prezent, aşa cum sunt aşa-numitele „fosile vii“.

Registrul fosil al animalelor şi plantelor

Figura 17.7 ilustrează tiparul acceptat în prezent al registrului fosil al animalelor şi plantelor, care datează de aproximativ 650 de milioane de ani.

Evoluţia mamiferelor

Mulţi biologi evoluţionişti susţin că, în urma extincţiilor în masă, apar o sumedenie de noi specii deoarece supravieţuitorii au ocazia să exploateze habitate dominate anterior de speciile acum dispărute. Ele dezvoltă noi caracteristici adaptate la aceste habitate şi, în consecinţă, dau naştere unei mari varietăţi de noi specii.

Nu e încă cert dacă dispariţia dinozaurilor la limita K-T a fost bruscă şi a permis o explozie a speciilor de mamifere. Totuşi, este cert că mamiferele actuale vădesc o foarte mare diversitate morfologică, de la liliacul-bondar de 30-40 mm lungime şi 1,5-2 grame la oameni şi la balenele albastre ce cântăresc peste 100 de tone. Ele formează o clasă taxonomică caracterizată prin faptul că femelele îşi hrănesc puii născuţi cu lapte din glandele mamare. Se deosebesc de alte vertebrate prin faptul că au sânge cald: îşi menţin o temperatură a corpului relativ constantă independent de temperatura mediului înconjurător, în special prin procese metabolice interne, ceea ce le permite să supravieţuiască în diverse regiuni de pe glob.

Pg.356

Nici una dintre aceste caracteristici nu se fosilizează, astfel încât paleontologii trebuie să recurgă la alte elemente de identificare, pe care le obţin de la mamiferele actuale. Acestea sunt în principal o grupare de trei oase minuscule care transmit undele sonore prin urechea mijlocie şi mandibula care se mişcă în contact direct cu craniul, nu prin intermediul unui alt os, aşa cum se întâmplă la celelalte vertebrate. Întrucât aceste trăsături sunt rareori observate în cazul fosilelor, paleontologii folosesc şi alte caracteristici, unele dintre ele fiind împărtăşite de reptilele asemănătoare mamiferelor, ceea ce face dificilă diferenţierea. În consecinţă, clasificarea şi datarea mamiferelor timpurii este discutabilă.

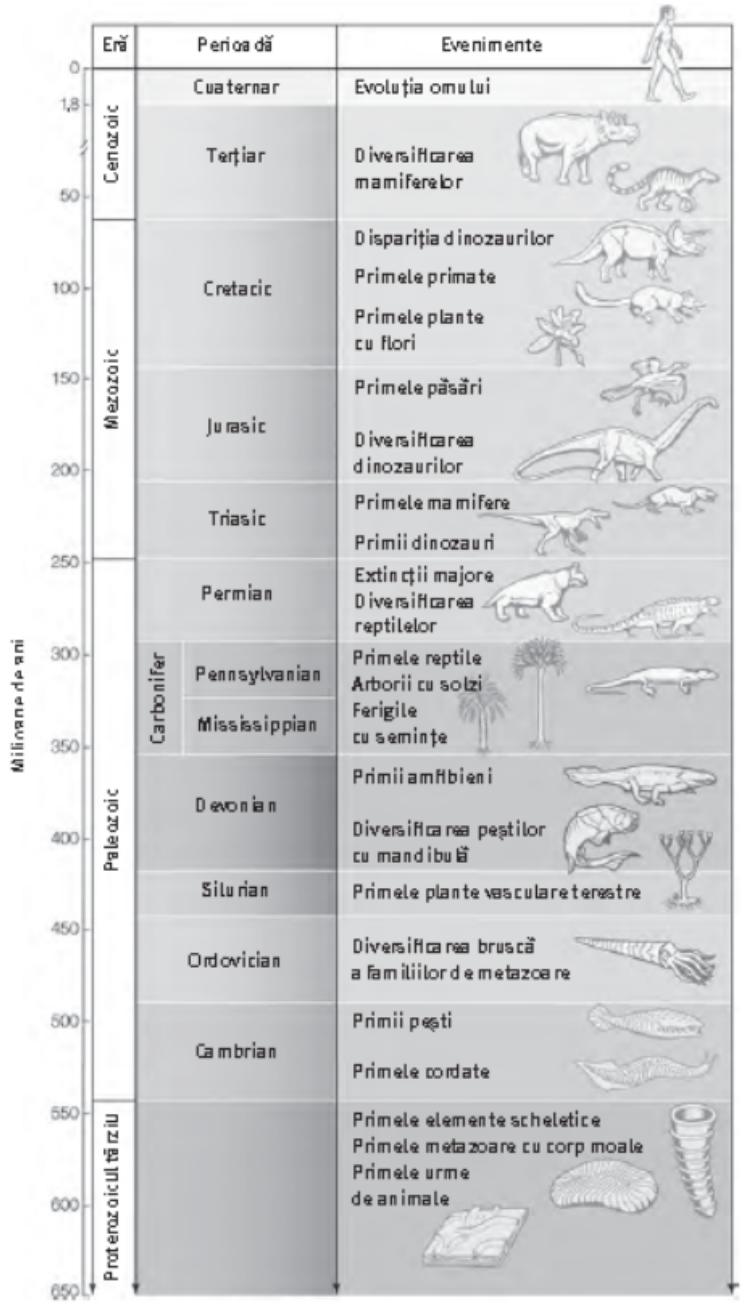


Figura 17.7 Tiparul registrului fosil al animalelor şi plantelor.

Pg.367

Pornind de la dovezile disponibile, nu putem conchide decât că primele specii de mamifere au apărut probabil din reptile terapside acum 250 sau 200 de milioane de ani[49], marea lor majoritate fiind

specii dispărute astăzi. O genealogie a unor mamifere primitive cu unele trăsături reptiliene - mo- notremele, precum ornitorincul - a supravieţuit până în prezent. Strămoşul comun al mamiferelor marsupiale - precum cangurii - şi al mamiferelor placentare a apărut probabil acum 165 de milioane de ani[50], în timp ce strămoşul direct al mamiferelor placentare - marea majoritate a mamiferelor existente astăzi, inclusiv oamenii - a apărut probabil acum aproximativ 65 de milioane de ani.[51]

Reconstituirea evoluţiei omului pornind de la registrul fosil

Obiectivul acestei investigaţii e acela de a identifica ce informaţii empirice avem despre evoluţia omului. Trasarea unui calendar al evenimentelor majore ale evoluţiei biologice ce au avut ca rezultat apariţia omului este îngreunată din trei motive. În primul rând, problemele legate de evaluarea registrului fosil devin tot mai numeroase pe măsură ce ne întoarcem mai mult în timp. În al doilea rând, apariţia unei noi specii este rezultatul unui proces evolutiv şi nu avem cum să determinăm cu precizie momentul în care începe şi se termină fiecare proces. Ceea ce nu înseamnă că rezultatul procesului nu e ceva radical diferit de starea iniţială. Ca să folosim o analogie, este dificil să identifici în mod precis momentul în care un boboc de trandafir devine floare, dar asta nu înseamnă că floarea nu este ceva diferit faţă de boboc. În al treilea rând, nu putem cunoaşte, pornind de la registrul fosil, în ce măsură hibridizarea a avut ca rezultat transferul anumitor părţi de genom ce au dat naştere unor noi caractere morfologice printr-un proces relativ rapid, şi nu printr-o acumulare lentă şi graduală de mutaţii genetice în fondul genetic comun al unei populaţii, aşa cum presupune modelul neodarwinian.

Tabelul 17.3 este o încercare de sistematizare a celor mai bune estimări actuale cu privire la apariţia unora dintre cei mai importanţi taxoni din cadrul liniei evolutive ce a condus la omul modern. În consecinţă, îl consider un demers orientativ: o încercare de a vedea dacă există un tipar al dovezilor disponibile, fără pretenţia că ar fi o expunere exhaustivă sau certă.

Taxon	Prima apariţie (milioane de ani în urmă)
Procariote[a]	**3.500**
Colonii bacteriene. Posibil primele eucariote unicelulare[b]	**2.100**
Probabil eucariote[c]	**1.400**
Probabil animale nevertebrate[d]	**650**
Vertebrate (bilaterale şi cu cefalizare)[e]	**525**
Peşti osoşi[f]	420
Vertebrate tetrapode[g]	**400**
Amfibieni[h]	360
Reptile cu aspect de mamifer (sinapside)[i]	**310**
Dinozauri[j]	245
Mamifere[k]	**220**
Mamifere euteriene[l]	**160**
Păsări[f]	160
Mamifere placentare[l]	**65**
Primate[l]	**55**
Maimuţe antropoide (hominizi)[m]	**19**
Proto-oameni (hominini)[n]	**7**
Oameni (genul *Homo*)[o]	**2**
Omul modern (*Homo sapiens*)[p]	**0,15**

Tabelul 17.3 Calendar orientativ referitor la prima apariţie în registrul fosil a taxonilor importanţi, linia evolutivă umană fiind marcată cu aldine.

Surse: (a) vezi pagina 258, (b) vezi pagina 343, (c) vezi pagina 343, (d) vezi pagina 344, (e), D.G. Shu et al., „Head and Backbone of the Early Cambrian Vertebrate Haikouichthys“, Nature, nr. 421/6922, pp. 526-529, (f) Harold J. Morowitz, 2004, p. 109, (g) „Tetrapod“, Enciclopedia Britan- nica Online, 2014, (h) „Amphibian“, Encyclopedia Britannica Online 2014, (i) Andrew M. Shedlock, S.V. Edwards, „Amniotes (Amniota)“, în S.B. Hedges, S. Kumar (eds), The Timetree of Life, Oxford University Press, 2009, pp. 375-379, (j) „Dinosaur“, Enciclopedia Britannica Online, 2014, (k) vezi pagina 356, (l) „Primate", Encyclopedia Britannica Online, 2014, (m) Michael E. Steiper, M. Young Nathan, „Primates (Primates)", în The Timetree of Life, 2009, pp. 482ˆ86, (n) Michel Brunet et al., „New Material of the Earliest Hominid from the Upper Miocene of Chad", Nature, nr. 434/7034, 2005, pp. 752-755 (care foloseşte clasificarea din 1825 a hominidelor), (o) „Homo habilis", Enciclopedia Britannica Online, 2014, (p) „Homo sapiens", Encyclopedia Britannica Online, 2014.

CONCLUZII

1. Registrul fosil este extrem de redus comparativ cu estimarea numărului de specii care au existat; este fragmentat, nu cuprinde toate speciile şi este extrem de greu de interpretat cu un grad mare de certitudine. În acest context, dovezile ne sugerează următorul tipar.

2. Procariotele fosilizate prezintă puţine modificări morfologice în decursul a 3,5 miliarde de ani; începând cu aproape 2 miliarde de ani în urmă, aceste forme de viaţă sunt întâlnite de obicei în colonii.

Pg.359

3. Registrul fosil se desfăşoară în timp de la simplu la complex: procariotele apar înaintea eucariotelor, eucariotele unicelulare, înaintea celor pluricelulare, simetria radială apare înaintea celei bilaterale şi a cefalizării, nevertebratele apar înaintea vertebratelor, peştii, înaintea amfibienilor, mamiferele, înaintea primatelor, iar maimuţele antropoide, înaintea omului.

4. Nu este vorba despre o progresie liniară: gruparea fosilelor animale pornind de la mai puţine caracteristici morfologice comune de-a lungul timpului sugerează existenţa unui arbore genealogic cu multe filiaţii care, în marea lor majoritate, au încetat să mai existe.

5. Aceste filiaţii evolutive sunt susţinute de unele specii de tranziţie.

6. Deşi graniţele dintre organismele tot mai complexe nu sunt distincte (aşa cum am văzut în toate cazurile), aceste apariţii de noi specii sau tranziţii evolutive sunt ireversibile: nu există dovezi convingătoare în registrul fosil care să probeze transformarea unor organisme mai complexe în altele mai simple.

7. Ritmul complexificării biologice creşte de regulă odată cu trecerea timpului, deşi este diferit pentru fiecare linie evolutivă în parte.

8. Tiparul normal al dovezilor fosile în cazul animalelor este acela de stază morfologică, cu modificări minore şi adesea oscilante, urmate de o apariţie bruscă din punct de vedere geologic - de-a lungul a zeci de mii de ani - a unei specii noi care, la rândul ei, rămâne în esenţă neschimbată vreme de câteva zeci sau chiar sute de milioane de ani, până când dispare din registrul fosil sau, mai rar, dăinuie până astăzi.

9. Deşi nu furnizează probe indiscutabile, registrul fosil oferă dovezi solide în favoarea fenomenului evoluţiei biologice al cărui rezultat este omul.

CAPITOLUL 18
Dovezile evoluţiei biologice 2: analiza speciilor vii

Evoluţia este o inferenţă ce rezultă din mii de surse independente, singura structură conceptuală ce poate reuni în mod coerent toate aceste informaţii disparate.

Stephen Jay Gould, 1998

În ultimii patruzeci de ani, foarte puţine dintre studiile centrate pe speciile vii au căutat să investigheze dacă evoluţia biologică este sau nu reală. Biologii au presupus că este reală şi cei mai mulţi dintre ei au mai presupus că este explicată de modelul neodarwinian. Prin urmare şi-au centrat investigaţiile pe mecanisme detaliate şi pe formularea unor ipoteze care să explice fenomenele ce nu se potrivesc cu acest model.

În consecinţă, dovezile în favoarea fenomenului evoluţiei la speciile de astăzi au în general statutul de produs secundar al acestor investigaţii. În capitolul de faţă voi lua în considerare ceea ce am putea numi, în termeni generali, surse de analiză, pe care le voi grupa în opt categorii: (a) structuri omologe, (b) vestigii, (c) biogeografie, (d) embriologie şi dezvoltare, (e) modificarea speciilor, (f) biochimie, (g) genetică, şi (h) genomică. În capitolul următor voi examina comportamentul speciilor vii.

STRUCTURILE OMOLOGE

Dovezile actuale consolidează observaţiile lui Darwin cu privire la structura asemănătoare a unor părţi ale corpului folosite în scopuri foarte diferite de către specii diferite. Figura 18.1 ilustrează asemănarea structurală a membrelor anterioare pe care oamenii le folosesc pentru manipularea obiectelor, pisicile pentru deplasare, şopârlele pentru alergare, căţărare şi înot, broaştele pentru înot, balenele ca aripioare înotătoare şi liliecii pentru zbor. Chiar şi păsările au o structură similară a aripilor, chiar dacă au numai trei degete în loc de cinci.

Nici un inginer nu ar proiecta structuri atât de asemănătoare pentru funcţii atât de diferite. Structurile omologe sunt evidente şi în cazul altor părţi ale corpului animal. Gradul lor de asemănare reflectă proximitatea primei apariţii a speciilor respective în registrul fosil. Astfel, structurile omologe sunt cel mai asemănătoare între om şi cimpanzeu, mai puţin asemănătoare între om şi alte mamifere, şi mai puţin între om şi păsări, şi cel mai puţin între om şi peşti.

Cea mai rezonabilă explicaţie este că aceste structuri reprezintă adaptări evolutive ale părţilor corpului strămoşilor comuni la diferite medii înconjurătoare.

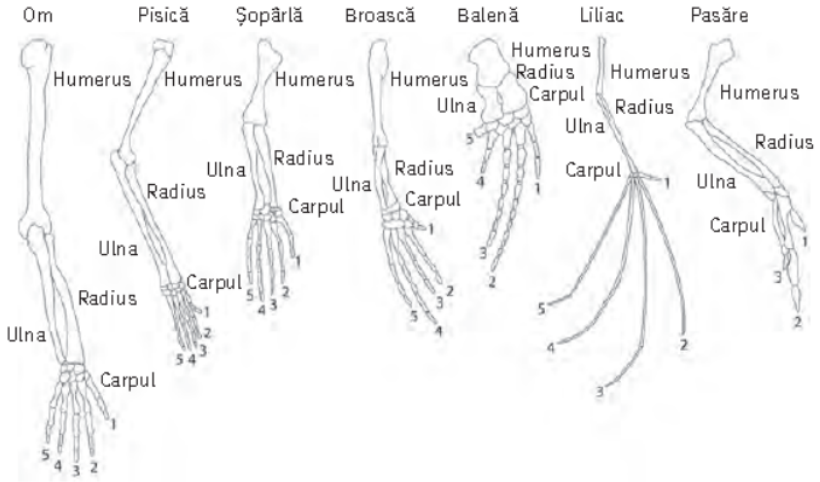


Figura 18. Membre anterioare omologe la vertebrate

VESTIGIILE

Dovezile actuale furnizează şi în acest caz alte exemple ale unor structuri considerate de Darwin rudimentare, atrofiate sau perimate. Aripile unor păsări precum struţul, pasărea emu, pasărea nandu şi pinguinul nu pot fi folosite la zbor; alcătuirea lor sugerează că sunt aripi degenerate, provenite de la strămoşi care zburau. Struţii îşi folosesc aripile pentru menţinerea echilibrului şi pentru ritualurile de curtare, în timp ce pinguinii le folosesc pentru înotul subacvatic, în concordanţă cu adaptarea evolutivă la un mediu nou pornind de la aripi ce aparţineau unui strămoş zburător. Cea mai parcimonioasă explicaţie a membrelor posterioare interne ale balenelor e aceea că reprezintă vestigii ale membrelor posterioare ale mamiferelor terestre a căror tranziţie la viaţa acvatică a fost discutată în capitolul anterior. Tot aşa, nici coccisul uman nu are vreo funcţie, dar existenţa lui se explică cel mai bine dacă îl considerăm rămăşiţa unei cozi ancestrale care a degenerat şi s-a redus deoarece odată cu adoptarea mersului biped nu a mai fost folosită.

Pg.362

Vestigiile nu sunt limitate la structuri anatomice. Şopârlele din specia *Cnemidophorus uniparens*, care sunt numai femele, manifestă un comportament complex de curtare, deşi se reproduc fără să fie fertilizate de un mascul. Comparând genomul cimpanzeilor cu cel al omului, putem observa zeci de gene omologe care nu mai funcţionează la om.

BIOGEOGRAFIA

Ştiinţa numită astăzi biogeografie adaugă şi mai multe dovezi în sprijinul distribuţiei geografice a speciilor la care Darwin şi Wallace

au apelat pentru a susţine evoluţia biologică, folosind totodată descoperirile geologice actuale referitoare la plăcile tectonice pentru a explica unele anomalii aparente.

Tiparul general e acela că masele continentale au specii vegetale şi animale specifice, în timp ce insulele mici şi îndepărtate sunt lipsite de majoritatea speciilor animale continentale, dar cuprind un număr mare de specii native strâns înrudite indiferent de condiţiile de mediu.

Astfel, în Africa găsim hipopotami, zebre, girafe, lei, hiene, lemurieni, maimuţe cu nas îngust şi coadă neprehensilă, gorile şi cimpanzei. În America de Sud nu există nici unul dintre aceste animale. În schimb, există tapiri, pangolini, lame, pume, jaguari, oposumi şi maimuţe cu nas lat şi coadă prehensilă. Insulele Hawaii, aflate la 3.200 kilometri de cel mai apropiat continent, nu au specii native de reptile, amfibieni sau conifere şi numai două specii native de mamifere, o specie de lilieci şi una de foci. În schimb, adăpostesc mii de specii de drosofile şi peste 750 de specii de melci, deşi majoritatea acestora au dispărut între timp.

America de Sud s-a desprins de Africa acum 140 de milioane de ani, cu mult înainte de diversificarea speciilor timpurii de mamifere ce poate fi observată în registrul fosil. Aceste dovezi sunt concordante cu existenţa unor vechi strămoşi comuni ai mamiferelor care au evoluat diferit pe diverse continente separate de oceane care au împiedicat migraţia şi încrucişarea.

Lanţul hawaiian de insule s-a format în urma unei serii de erupţii vulcanice care au început în urmă cu aproximativ 66 de milioane de ani şi s-au sfârşit acum mai puţin de jumătate de milion de ani. Singurele specii care au putut migra acolo au fost insectele, păsările şi mamiferele capabile să zboare pe distanţe lungi, împreună cu paraziţii lor, seminţele prinse de penajul sau de picioarele lor, insecte purtate de vânt sau seminţe şi mamifere acvatice purtate acolo de curenţii oceanici. Aşa se explică absenţa mamiferelor terestre mari, care nici nu înoată şi nici nu zboară, şi se justifică ipoteza radiaţiiei adaptative: speciile care au ajuns pe insule au găsit nişe ecologice neocupate, puţini competitori şi prădători care să le împiedice reproducerea şi adaptarea la aceste noi nişe, rezultând un mare număr de specii asemănătoare.

Pg.363

Insulele indoneziene par să reprezinte o excepţie, având o faună net diferită în regiunea vestică, cea centrală şi cea estică a arhipelagului. Cu toate acestea, se consideră că deosebirile respective sunt rezultatul unei convergenţe relativ recente a trei plăci litosferice: placa australiană, ce se deplasează spre nord; placa pacifică, ce se deplasează spre vest; şi placa eu- rasiatică, ce se deplasează spre sud-sud-est. Cândva parte a continentului asiatic, insulele occidentale au

animale asiatice, cum ar fi rinocerii, elefanţii, leoparzii şi urangutanii, în timp ce insulele din est au animale şi plante asemănătoare cu cele din Australia, din care s-au separat. Insulele centrale au fost mult timp independente şi au propria faună şi floră.

Corelarea distribuţiei geografice a speciilor cu ceea ce se cunoaşte despre formarea geologică şi despre mediul înconjurător din zonă, plus informaţiile provenite din registrul fosil, furnizează dovezi solide în favoarea ipotezei că specii diferite au evoluat din strămoşi comuni.

EMBRIOLOGIA ŞI DEZVOLTAREA

După ce observă asemănările embrionilor unor specii foarte diferite şi ale puilor dependenţi de părinţi, cărora le lipsesc diferenţele morfologice şi coloristice caracteristice adulţilor, Darwin conchide că acesta este „unul dintre cele mai importante subiecte din întreaga istorie naturală“[1].

Totuşi, s-au făcut puţine progrese în acest domeniu până când dezvoltarea tehnologică de la sfârşitul secolului XX a permis secvenţierea genetică rapidă. Aşa a apărut subdisciplina biologiei evoluţioniste a dezvoltării - cunoscută sub numele de „evo-devo“ [*evolutionary developmental*] -, care investighează mecanismele genetice ale dezvoltării embrionare la diferite specii. Aceste studii au condus la descoperiri semnificative şi neaşteptate: aceleaşi gene controlează dezvoltarea aceluiaşi organ la specii cu forme, structuri şi dimensiuni foarte diferite. De exemplu, gena numită Pax-6 a musculiţei de oţet Drosophila melanogaster controlează şi coordonează aproape două mii de alte gene care sunt implicate în alcătuirea unor ochi înzestraţi cu mai multe lentile. O genă Pax-6 aproape identică, dar întâlnită la şoarece, are acelaşi rol de a regla gene foarte diferite care produc ochi cu o singură lentilă. Surprinzător e că inserţia unei singure gene Pax-6 de şoarece în genomul musculiţei de oţet va conduce la dezvoltarea tipului de ochi caracteristic musculiţei, în timp ce inserţia unei gene Pax-6 de la drosofilă în genomul unei broaşte va produce un ochi caracteristic broaştei.[2]

Pg.364

În mod paradoxal, deşi contrazice predicţiile modelului neodarwinian (Mayr susţinea că ochiul trebuie să fi evoluat independent de 40 de ori în regnul animal), existenţa unor gene principale în esenţă identice care controlează dezvoltarea unor tipuri foarte diferite ale aceluiaşi organ la o mare varietate de specii susţine ipoteza că aceste gene provin de la un strămoş comun îndepărtat.

MODIFICĂRILE SPECIILOR

Bacteriile

Modificarea biologică poate fi demonstrată într-un interval de 24 de ore cu ajutorul unei populaţii de bacterii care trăiesc într-un vas Petri ce conţine un mediu nutritiv. Dacă este adăugat un antibiotic letal, bacteriile încep să moară în masă. Totuşi, una sau mai multe varietăţi ale bacteriei vor fi imune la acest antibiotic particular şi vor supravieţui. Ele se vor reproduce rapid, înlocuind populaţia iniţială. Este discutabil dacă aceste bacterii constituie o specie nouă sau o varietate a speciei iniţiale. Definiţia ortodoxă actuală nu ne este de folos, deoarece depinde de reproducerea sexuată, în timp ce bacteriile se reproduc de obicei asexuat, prin fisiune binară. În plus, analizele genetice ale bacteriilor pot fi interpretate în diverse moduri.

În 1988, Richard Lenski, care lucra atunci la Universitatea din California, Irvine, a început un experiment centrat pe 12 populaţii ale unei tulpini de *Escherichia coli* derivate dintr-o singură bacterie. Lenski le-a urmărit mutaţiile genetice şi valoarea selectivă relativă - selectându-le în funcţie de viteza cu care cresc într-un mediu nutritiv cu aport limitat de zahăr - pe parcursul a 50.000 de generaţii, studiul desfăşurându-se vreme de peste 20 de ani. Cele mai multe mutaţii nu aveau vreun efect sau erau nocive, dar câteva s-au corelat cu un avantaj în dezvoltare de până la 10% faţă de predecesorii lor. În general, mutaţiile au crescut liniar, în timp ce valoarea selectivă a crescut în salturi.

Când experimentul a ajuns la generaţia 33.127, cercetătorii au remarcat o creştere semnificativă a turbidităţii într-unul din vase. Bacteriile private de zahăr începuseră să folosească pentru metabolizare citratul, un tampon de pH din mediul de cultură al tuturor vaselor de test, iar acest lucru a dus la o creştere uriaşă a populaţiei. E discutabil dacă această nouă tulpină reprezintă o nouă specie. Ea a continuat să coexiste cu o minoritate de bacterii care metabolizau în continuare zahărul.[3]

Modificările reversibile

În opinia biologului evoluţionist Francisco Jose Ayala, de la Universitatea din California, Irvine, selecţia artificială produce în general variaţii reversibile.

Pg.365

> Crescătorii aleg găini care produc ouă mai mari, vaci care produc mai mult lapte şi porumb cu un conţinut proteic mai ridicat. Dar selecţia trebuie întreţinută sau restabilită periodic, chiar şi după ce s-au atins scopurile urmărite. Dacă încetează, îi

ia treptat locul selecţia naturală şi trăsăturile revin la valoarea lor intermediară iniţială.[4]

Hibridizarea

Horticultorii folosesc de multă vreme tehnica hibridizării pentru a produce specii noi de plante cu caractere specifice. Hibrizii produşi prin încrucişarea între două specii diferite sunt cunoscuţi drept hibrizi F_1 hibrizii obţinuţi din încrucişarea indivizilor din generaţia F_1 sunt numiţi hibrizi F_2 şi aşa mai departe; hibrizii retroîncrucişaţi sunt produşi atunci când indivizi din F_2 sunt împerecheaţi cu membrii uneia dintre speciile parentale. Hibrizii retroîncrucişaţi care se încrucişează din nou cu aceeaşi specie parentală sunt numiţi retrohibrizi de generaţia a doua.

În medie, hibrizii mamiferelor sunt mai puţin capabili să supravieţuiască şi să se reproducă. Mulţi hibrizi selectaţi artificial, precum catârul, rezultat din încrucişarea unui măgar mascul cu o iapă, sunt de obicei mai puternici decât oricare dintre părinţi, dar sunt sterili. Însă, contrar presupunerilor larg răspândite, aceasta nu e nicidecum o regulă generală; fertilitatea diferă adesea între cele două sexe. De exemplu, încrucişarea unei vaci domestice cu bizonul [*buffalo*] pentru a creşte producţia de carne de vită [*beef*] produce hibrizi numiţi *beefalo*. Masculii de beefalo produşi în prima încrucişare sunt de obicei sterili, dar atunci când femele parţial fertile rezultate dintr-o retroîncrucişare sunt retroîncrucişate din nou, masculii produşi sunt adesea fertili. Încrucişarea unui câine cu un şacal pentru a crea un hibrid cu o sensibilitate olfactivă superioară produce pui care sunt aparent tot atât de fertili şi de stabili precum multe alte varietăţi de câini domestici obţinuţi de crescători. Astfel de hibrizi prezintă trăsături care depăşesc posibilităţile variaţiilor parentale, fenomen numit heterozis, deşi cei mai mulţi hibrizi nu sunt heterotici.

În grădinile zoologice deschise apar hibrizi între specii diferite. Ligrul, produs al încrucişării dintre un leu şi o tigroaică, este de regulă mai mare şi mai puternic decât fiecare din părinţi (heterozis pozitiv), în timp ce tigronul, produs al încrucişării dintre un tigru şi o leoaică, este de obicei de talie mai mică decât fiecare din părinţi (heterozis negativ). Se pare că nu există studii referitoare la fertilitatea şi stabilitatea de-a lungul mai multor generaţii a acestor hibrizi. Totuşi, puii hibrizi obţinuţi în urma încrucişării urşilor polari cu urşii grizzly crescuţi în captivitate sunt fertili.

Poliploidia

În 1912, botaniştii de la Kew Gardens, în urma încrucişării a două specii de primule, *Primula floribunda* şi *Primula verticillata,* au obţinut

un descendent care poseda mai mult de două seturi de cromozomi în fiecare celulă. Hibridul rezultat era steril, dar a putut fi înmulţit prin butăşire. Mai târziu, în trei ani diferiţi, această clonă altminteri sterilă a produs lăstari care au dat naştere unei plante fertile, numită *Primula kewensis,* care nu se putea împerechea cu succes cu nici una din speciile parentale. Motivul era acela că avea un număr dublu de cromozomi. Astfel de mutaţii cromozomiale (distincte de mutaţiile genetice) pot fi induse astăzi printr-o substanţă mutagenă precum colchicina.

Creşterea numărului de cromozomi comparativ cu cei ai părinţilor proveniţi dintr-o singură specie se numeşte autopoliploidie, în timp ce creşterea numărului de cromozomi rezultaţi din hibridizarea a două specii se numeşte alopoliploidie.

Speciile din natură

Bacteriile

În capitolele anterioare am arătat că cele mai vechi bacterii clar identificabile datează de acum aproape 3,4 miliarde de ani. În ciuda acestui timp enorm, în cursul căruia s-au acumulat mutaţii genetice aleatorii, bacteriile de astăzi au rămas unicelulare şi practic identice din punct de vedere morfologic cu acele fosile străvechi.

Un număr tot mai mare de cercetări au răsturnat vechea opinie potrivit căreia procariotele - bacterii şi arhee - şi eucariotele unicelulare, cum ar fi amiba, trăiesc relativ independent şi evoluează treptat prin selecţia naturală neo-darwiniană ce acţionează asupra mutaţiilor genetice aleatorii transmise generaţiilor ulterioare.

Multe specii procariote pot încorpora sau pot pierde din ADN, în timp ce eucariotele pot încorpora ADN procariotic prin transferul orizontal de gene prin trei mijloace principale:

1. *Transformare naturală*

   Absorbţia directă de ADN eliberat în mediul înconjurător de celulele aflate în descompunere, celulele alterate sau particulele virale, sau în urma excreţiei celulelor vii.

2. *Transducţie*

   Transferul de ADN de la o bacterie la alta prin intermediul unui agent, de exemplu un virus.

3. *Conjugare*

   Transferul unor elemente genetice mobile, precum plasmidele, prin contactul direct între două bacterii prin intermediul pililor.[5]

Un astfel de transfer la nivelul aceleiaşi generaţii poate avea loc între specii foarte diferite, precum între *Escherichia coli*, bacterie care

în mod normal populează intestinele animalelor, şi *Synechocystis* sp. PCC6803, o specie de cianobacterie care trăieşte în apă. Ele pot fi dăunătoare, neutre sau avantajoase pentru supravieţuire şi reproducere. Atunci când sunt avantajoase, pot conferi noi abilităţi sau funcţii receptorului de material genetic, precum imunitatea faţă de o toxină. O analiză făcută în 2008 asupra unui număr de 181 de genomuri procariote secvenţiate a estimat că transferul orizontal de gene este răspunzător de 81 ± 15% dintre gene, fapt care subliniază însemnătatea acestui mecanism în evoluţia bacteriilor, a arheelor şi a eucariotelor unicelulare.[6]

Hibridizarea

Astăzi se consideră că hibridizarea joacă un rol important nu numai în speciaţia naturală a plantelor, ci şi în transformările biologice ale peştilor, păsărilor şi mamiferelor[156] În ultimii ani, bufniţa americană cu dungi [*Strix varia*] din vestul mijlociu al Statelor Unite s-a deplasat spre coasta Pacificului, unde s-a stabilit în habitatul împădurit al bufniţei pătate [*Strix occidentalis*] cu care s-a împerecheat şi a produs urmaşi fertili. Urşii polari şi urşii grizzly se reproduc cu succes atât în captivitate, cât şi în sălbăticie. În ultimii ani, urşii grizzly, care populează de obicei nord-vestul Americii, Alaska şi Canada, au început să apară, probabil din cauza creşterii temperaturilor, mai spre nord, în habitatul urşilor polari. În 2006, un vânător a împuşcat ceea ce credea că este un urs polar, dar animalul avea o blană alb-crem, spatele cu cocoaşă, faţa mai puţin prelungă şi pete de culoare brună. În plus, testele genetice ulterioare au arătat că era vorba de un hibrid cu un tată grizzly şi o mamă urs polar.

Poliploidia

Poliploidizarea artificială a produs specii fertile noi, în special în rândul plantelor, dar probabil că acest tip de speciaţie este mai larg răspândit în natură decât se credea. În 2005, în urma investigării literaturii de specialitate, Pamela Soltis, specialistă în taxonomia moleculară, a conchis că toate plantele cu flori sunt probabil poliploide sau descendente ale unor poliploizi naturali[7], iar într-un alt studiu din 2005 geneticienii evoluţionişti T. Ryan Gregory şi Barbara Mable subliniau că

> poliploidia nu e la fel de răspândită la animale cum este la plante, dar nu este nici pe departe atât de rară cum s-a crezut. Rata scăzută de identificare a poliploidiei la animale arată în parte cât de puţin efort s-a depus în această direcţie [...]. Supoziţiile tradiţionale referitoare la poliploidia animală s-au prăbuşit pe rând în faţa noilor dovezi.[8]

Printre dovezi se numără poliploidia la peşti, amfibieni, reptile şi mamifere. Milton Gallardo şi colegii săi de la Universitatea Australă din Chile au descoperit în 1999 că şobolanul roşu, *Tympanoctomys barrerae*, este tetraploid (având patru seturi de cromozomi în nucleul celular), dovadă care sugerează că tetraploidia a fost cauzată de o hibridizare poliploidă ancestrală a două specii diferite. Mai târziu, aceiaşi cercetători au raportat că şobolanul auriu, *Pipanacoctomys aureus*, este la rândul său tetraploid, rezultat dintr-o poliploidizare ancestrală.[9]

Molia de mesteacăn

Majoritatea profesorilor şi manualelor prezintă molia de mesteacăn drept un exemplu elocvent de evoluţie biologică petrecută în natură în decursul unei singure generaţii omeneşti. Înainte de mijlocul secolului al XlX-lea, toate specimenele de *Biston betularia* din Anglia erau molii de culoare albă cu pete negre, o formă numită *typica*. În 1848, în Manchester, centrul revoluţiei industriale britanice, a apărut o varietate de culoare neagră, *carbonaria,* iar până în 1895 98% dintre indivizii speciei *Biston betularia* din zonă erau de culoare neagră. Moliile din varietatea *carbonaria* au mai apărut în multe alte părţi ale Angliei, cu precădere în centrele industriale. În 1896, lepidopterologul J.W. Tutt a emis ipoteza că sporirea frecvenţei varietăţii *carbonaria* se datorează vânătorii diferenţiale practicate de păsările insectivore din zonele poluate.

Totuşi, nimeni nu a testat această ipoteză până când, în 1952, medicul Bernard Kettlewell, care primise o bursă de cercetare la Departamentul de Genetică al Universităţii Oxford, a început o serie de studii pentru dovedirea acestei ipoteze. În opinia lui Kettlewell, această modificare a culorii moliilor se datora faptului că păsările insectivore consumau cele mai vizibile exemplare de pe trunchiurile copacilor. Industrializarea nordului Angliei a produs funingine şi ploi acide care au înnegrit trunchiurile copacilor, ucigând mai întâi lichenii care îi împodobeau. Varietatea *typica*, de culoare predominant albă, care se camufla uşor printre licheni, a început să fie vizibilă, devenind pradă uşoară pentru păsări, în timp ce mutantele negre s-au camuflat cu uşurinţă. În decursul generaţiilor, moliile negre au supravieţuit o perioadă mai lungă şi s-au reprodus mai intens, înlocuind varietatea *typica*. Acest fenomen a fost numit melanism industrial. După adoptarea legilor de protecţie a mediului din anii ’50, copacii şi-au redobândit aspectul anterior şi varietatea *typica* a redevenit o specie dominantă în nordul Angliei.

Kettlewell şi-a susţinut concluziile cu studii care arătau corelaţia dintre nivelul de poluare şi frecvenţa varietăţii negre. În mod

surprinzător, experimentele sale au arătat că, după eliberarea unor indivizi din cele două varietăţi în păduri poluate şi nepoluate, cercetătorii au recapturat mai multe exemplare criptice sau camuflate decât exemplare uşor vizibile; această vânătoare diferenţială a fost susţinută de observarea directă a păsărilor care consumau molii aflate pe copaci. În cele din urmă, Kettlewell a demonstrat în laborator că fiecare varietate are preferinţa comportamentală de a se aşeza pe fundaluri asemănătoare cu propria culoare. În felul acesta, ipoteza formulată de Tutt în 1896 a fost confirmată, modelul neodarwinian a fost validat, iar manualele au reprodus fotografiile lui Kettlewell cu molii aşezate pe copaci.

Geneticianul Michael Majerus, de la Universitatea Cambridge, care a studiat gărgăriţe şi molii, a fost însărcinat de Oxford University Press să scrie o carte, *Melanism: Evolution in Action*, pentru a fi publicată la 25 de ani după cartea lui Kettlewell *The Evolution of Melanism*. Pregătind o recenzie la această carte pentru revista Nature,[10] Jerry Coyne a descoperit erori serioase în lucrarea lui Kettlewell. Printre ele se numără faptul că „*Biston betularia* probabil nu obişnuieşte să stea pe trunchiuri de copaci - numai două molii au fost văzute într-o asemenea poziţie în peste 40 de ani de cercetare intensă [...]. Acest lucru în sine invalidează experimentele de eliberare şi re-capturare ale lui Kettlewell, deoarece moliile au fost plasate direct pe trunchiuri unde erau vizibile pentru păsările insectivore“. Fotografiile erau ale unor molii moarte lipite pe trunchiurile copacilor şi erau folosite pentru a exemplifica vizibilitatea şi camuflajul. În plus, Kettlewell a eliberat moliile în cursul zilei, în timp ce ele îşi aleg de obicei locul de odihnă în timpul nopţii; creşterea numărului varietăţii *typica* s-a petrecut cu mult timp înainte ca lichenii să recolonizeze copacii poluaţi; o creştere şi o descreştere asemănătoare a formei melanice s-a petrecut şi în zonele industriale din Statele Unite, unde nu s-a înregistrat o variaţie a abundenţei lichenilor; iar rezultatele experimentelor comportamentale ale lui Kettlewell nu au putut fi reproduse în alte studii: moliile nu au tendinţa de a alege fundaluri asemănătoare aspectului lor.

Coyne se referă la multe alte erori de cercetare descoperite de Majerus şi la o serie de probleme suplimentare pe care le-a descoperit el însuşi când a citit articolele lui Kettlewell pentru prima dată. „Reacţia mea se aseamănă cu consternarea pe care am simţit-o atunci când am descoperit, la 6 ani, că persoana care îmi aducea cadourile în ajunul Crăciunului era tatăl meu, nu Moş Crăciun“.

Pg.370

Coyne conchide că „deocamdată trebuie să nu mai considerăm Biston un exemplu bine înţeles de selecţie naturală în acţiune“. El mai spune că „merită să ne gândim şi de ce a existat o asemenea acceptare

generală şi fără semne de întrebare a muncii lui Kettlewell. Probabil pentru că astfel de poveşti puternice descurajează examinarea atentă".

Majerus a respins concluziile lui Coyne şi şi-a apărat propria perspectivă cu privire la melanismul industrial trimiţând la alte studii şi adăugând:

> Acestea fiind spuse, convingerile mele referitoare la faptul că vânătoarea diferenţială exercitată de păsări este în mare parte răspunzătoare nu se bazează numai pe datele empirice din experimentele publicate în literatura de specialitate. Eu „ştiu" că ipoteza vânătorii diferenţiale formulată de Tutt este corectă deoarece „ştiu" despre moliile de mesteacăn. Pentru oamenii de ştiinţă, care apelează la rigoare şi la controlul experimental, această declaraţie poate să pară, din diferite motive, insuficientă, dacă nu chiar eretică. Totuşi, mi-o menţin.[11]

Există puţine diferenţe între acest „ştiu" şi cel al creaţioniştilor, care „ştiu" că Dumnezeu a creat fiecare specie. Poate este unul dintre răspunsurile la întrebarea lui Coyne referitoare la acceptarea necritică a lucrării lui Kettlewell, însă este incompatibil cu ştiinţa.

În acelaşi an în care a apărut cartea lui Majerus, biologul evoluţionist Theodore Sargent (de la Universitatea din Massachusetts) şi colegii săi au publicat o critică a explicaţiilor clasice ale melanismului industrial, ajungând la concluzia că „în momentul de faţă există puţine dovezi convingătoare, sub formă de observaţii şi experimente riguroase şi verificate, care să susţină această explicaţie [că păsările au făcut ca o mutaţie genetică să devină dominantă în cadrul populaţiei de-a lungul generaţiilor]"[12]. Sargent a sugerat alte cauze, precum faptul că un anumit tip de inducţie declanşată de transformările mediului înconjurător ar fi putut produce fenomenul de melanism industrial în cadrul unei întregi populaţii şi că acest lucru ar explica mai bine viteza cu care varietatea melanică a înlocuit forma tipică în diverse studii.

Unii creaţionişti au profitat de critica cercetării lui Kettlewell şi i-au acuzat pe biologii evoluţionişti de complicitate în oferirea de dovezi frauduloase pentru susţinerea darwinismului. Dar această critică nu neagă fenomenul evoluţiei biologice, ci doar scoate la iveală un model experimental defectuos sau, conform legii interpretării datelor, înclinaţia cercetătorului mai mult către validarea decât către testarea unei ipoteze în care crede. Datele verificabile ridică probleme (pe care şi Sargent a încercat să le discute) cu privire la cauzele şi mecanismul melanismului industrial. Sargent nu a mers totuşi mai departe în această direcţie, deoarece biologii evoluţionişti au luat o poziţie defensivă în jurul modelului actual ca reacţie împotriva creaţioniştilor.

Această controversă a trecut în plan secund un aspect important al melanismului industrial: acest fenomen s-a petrecut când mediul înconjurător s-a schimbat şi a revenit la normal când mediul înconjurător s-a schimbat din nou. Rezultă că modificarea fenotipică a fost reversibilă, iar modificările reversibile nu reflectă evoluţia unei specii. Ceea ce s-a întâmplat în decurs de 150 de ani - o clipă din punct de vedere geologic - a fost o oscilaţie a culorii, care este mai puţin însemnată decât oscilaţiile în jurul unei morfologii de bază pe care Eldredge o descrie drept stază evoluţionistă în registrul fosil.

Ecotipurile

Ecotipul este un termen aplicat varietăţii unei specii ce se adaptează la condiţiile locale şi astfel manifestă modificări morfologice şi fiziologice, dar care se poate încrucişa cu alte varietăţi. Un exemplu în acest sens este pinul scoţian, ale cărui douăzeci de ecotipuri sunt răspândite din Scoţia până în Siberia şi pot să se încrucişeze între ele.

Statutul taxonomic al delfinilor tucuxi (genul *Sotalia*) a constituit un motiv de dispută timp de peste un secol. Genul cuprindea cândva cinci specii, dar în secolul XX a fost grupat în două specii: *Sotaliafluviatilis*, care trăiau în fluvii, şi *Sotalia guianensis,* care trăiau în largul mării. Studii mai recente au conchis că diferenţa dintre cele două specii se datorează numai dimensiunii; astfel, începând cu anii ’90, cei mai mulţi cercetători au ajuns să-i considere pe toţi o singură specie, *S. fluviatilis,* ce cuprinde ecotipuri marine şi fluviale. Din cauza faptului că sunt separate geografic, nu se poate stabili dacă cele două ecotipuri se pot încrucişa în sălbăticie. Folosind mai curând definiţia filogenetică a speciei decât definiţiile biologice mai recente, conservaţionişti susţin acum că e vorba de două specii diferite; ei invocă analizele moleculare care arată, de exemplu, că gena pentru citocromul b diferă în cazul a 28 dintre cele 11.490 de nucleotide.[13] Nu e încă cert dacă o diferenţă de 2,5% în nucleotidele acestei gene e suficientă pentru a defini o specie, şi voi discuta mai în detaliu problemele legate de astfel de analize moleculare într-un alt capitol. Astfel de ecotipuri ar putea să se afle în procesul de constituire a unor noi specii, dar acest proces ar putea să fie şi reversibil, aşa cum am văzut în cazul moliei de mesteacăn.

„Cintezele lui Darwin“

După cum am văzut în capitolul 16, Darwin nu a folosit niciodată cintezele din insulele Galăpagos ca un exemplu de evoluţie biologică[157i], dar Peter şi Rosemary Grant, biologi evoluţionişti de la Universitatea Harvard, au petrecut mai mult de 25 de veri studiind

aceste păsări, mai ales pe insula Daphne Major.

Pg.372

În cartea sa *The Beak of the Finch: A Story of Evolution in Our Time* [„Ciocul cintezei: o poveste a evoluţiei din vremurile noastre“], pentru care a primit în 1994 premiul Pulitzer, Jonathan Weiner reia mitul discreditat al cintezelor lui Darwin şi consideră cercetarea soţilor Grant drept „cea mai bună şi mai detaliată demonstraţie de până acum a puterii procesului lui Darwin“. Totuşi, Darwin „nu era conştient de forţa propriei teorii. El a subestimat în mare măsură puterea selecţiei naturale. Acţiunile acesteia nu sunt nici lente, nici rare. Conduc la evoluţie în fiecare zi şi în fiecare ceas“[14], iar nu gradual şi de-a lungul unor perioade mari de timp, cum preziceau Darwin şi modelul neodarwinian.

De fapt, măsurătorile meticuloase ale ciocului cintezelor realizate de soţii Grant au arătat că numărul de cinteze cu ciocul mare sau mic a oscilat în decursul celor 25 de ani, în care uneori seceta a lăsat numai seminţe mari şi dure, iar alteori perioadele de ploi îndelungate au avut drept rezultat seminţe mai mici şi mai puţin dure.

Aceasta nu e evoluţie biologică. În decursul celor 25 de ani nu s-a petrecut nici o modificare semnificativă. Autorii au găsit pur şi simplu o redistribuire periodică a frecvenţei genelor - variaţii genetice deja existente în fondul comun de gene al speciei respective - ca reacţie la modificarea condiţiilor de mediu. Este un alt exemplu de modificare adaptativă reversibilă în cadrul populaţiei unei specii.

Membrii fiecăreia dintre cele şase specii de cinteze de pe insulele Daphne Major şi Genovesa nu s-au împerecheat, în general, cu membrii celorlalte specii, din cauza uneia dintre barierele reproductive neodarwiniene, şi anume comportamentul (în acest caz, cântecul păsărilor). Totuşi, atunci când au făcut acest lucru, puii lor au fost la fel de fertili precum populaţiile parentale şi la fel au fost primele două generaţii ale urmaşilor lor hibrizi. Alte studii de teren din America de Nord au arătat că hibridizarea speciilor de păsări care ocupă acelaşi teritoriu este posibilă, iar puii sunt viabili şi fertili în mare măsură. Se pune astfel întrebarea: oare aceste cinteze, clasificate în principal după dimensiunea şi forma ciocului, sunt specii diferite sau variaţii ale unei singure specii? Întrebarea este justificată mai ales având în vedere că cercetările soţilor Grant au demonstrat că modificările formei şi dimensiunii ciocului sunt reversibile în condiţii diferite de mediu.

Cei doi cercetători au observat că ideea de specie biologică acceptată de comunitatea ştiinţifică actuală se bazează mai ales pe studiile centrate pe drosofilă. Deşi aproape 10.000 de specii de păsări sunt recunoscute în funcţie de această definiţie,

Pg.373

interpretarea speciaţiei s-a aplicat probabil numai în cazul a 500 dintre ele. Însă baza genetică a variaţiei acelor trăsături ce produc izolarea specifică precopulaţiei şi care sunt implicate în speciaţie este cunoscută (incomplet) la mai puţin de 100 de specii, în vreme ce baza genetică a izolării specifică postcopulaţiei nu este cunoscută la nici o specie. Informaţiile pornind de la care se pot face generalizări cu privire la genetica speciaţiei păsărilor sunt deci foarte precare.[15]

Definiţia speciei

Orice discuţie despre evoluţia biologică devine confuză din cauza definiţiilor diferite date speciei nu numai de către bacteriologi, botanişti şi zoologi, ci şi de către specialiştii fiecăreia dintre aceste ramuri ale biologiei, la care se adaugă şi opiniile foarte diferite cu privire la caracterele care definesc o specie. Dacă specia - iar nu varietatea (inferioară speciei) ori genul, clasa sau ordinul (superioare speciei) - este considerată taxonul de bază care marchează o etapă bine definită a evoluţiei biologice şi care poate fi folosită pentru a descrie o populaţie şi legăturile acesteia cu alte populaţii, atunci îmi pare că ireversibilitatea ar trebui să fie principala caracteristică: nimeni nu ar susţine că oamenii moderni ar putea să evolueze în sens invers, către *Australopithecus afarensis* (sau oricare a fost un strămoş comun al oamenilor), care avea o treime din capacitatea noastră craniană actuală.

În consecinţă, voi sugera următoarele definiţii generice pentru a reduce confuzia:

subspecie, varietate sau rasă Populaţie de organisme ale căror caractere ereditare definitorii şi specifice perioadei adulte au suferit modificări reversibile faţă de cele ale populaţiei sau populaţiilor lor ancestrale.

specie Populaţie de organisme ale căror caractere ereditare definitorii şi specifice perioadei adulte au suferit o modificare ireversibilă faţă de cele ale populaţiei sau populaţiilor din care a evoluat.

speciaţie Procesul prin care o populaţie de organisme îşi modifică în mod ireversibil caracterele ereditare definitorii şi specifice perioadei adulte faţă de cele ale populaţiei sau populaţiilor din care a evoluat.

Cuvântul „proces“ din definiţia speciaţiei dă seamă de stadiile intermediare în care împerecherea de succes poate avea loc între subspecii ce se pot afla pe calea transformării într-o altă specie.

Aceste definiţii generice lasă specialiştilor posibilitatea de a

enumera caractere ereditare ce definesc o anumită specie; se pot aplica criterii diferite unor tipuri diferite de specii. Cele trei definiţii nu menţionează dacă transformarea ireversibilă are la bază selecţia artificială, mutaţii genetice generate aleatoriu şi selectate natural, deriva genetică, poliploidia, hibridizarea sau oricare altă cauză posibilă pe care o voi aborda într-un capitol viitor. Sper totuşi că vor reuşi să fie suficient de cuprinzătoare încât să includă toate tipurile de organisme, incluziv bacteriile şi plantele, şi să permită diferenţierea între specii şi variaţiile unei specii.

Pg.374

BIOCHIMIA

Toate bacteriile, plantele şi animalele sunt alcătuite din substanţe chimice identice sau asemănătoare, sunt structurate în mod identic sau asemănător şi sunt supune unor reacţii identice sau asemănătoare.

Aproape toate formele de viaţă cunoscute (cu excepţia moleculelor de ARN) folosesc molecule de ADN structurate dublu-elicoidal pentru supravieţuire şi reproducere. Ele conţin o secvenţă diferită alcătuită din aceleaşi patru nucleotide, având în vedere că, din punct de vedere chimic, sunt posibile multe alte nucleotide şi structuri.

Aceleaşi triplete alcătuite din aceste nucleotide acţionează ca un tipar pentru producerea aceloraşi aminoacizi la toate organismele. Toate proteinele folosite pentru construirea şi menţinerea organismelor sunt sintetizate pornind de la combinaţii şi secvenţe ale aceloraşi douăzeci de aminoacizi, aproape întotdeauna sub formă de izomeri L[158], deşi există câteva sute de alţi aminoacizi.

Seria de reacţii chimice cunoscute drept căi metabolice, prin care susţin forme de viaţă foarte diferite, sunt foarte asemănătoare[159].

Biochimia care operează în toate formele de viaţă provine cel mai probabil din prima formă de viaţă de pe Pământ, pornind de la care au evoluat toate celelalte forme.

GENETICA

În capitolul 14, am văzut că toate formele de viaţă existente au în comun aproximativ o sută de gene, dar analizele ce permit aprecierea pierderii de gene la nivel de linie de descendenţă sugerează existenţa unui strămoş comun universal care a avut probabil de zece ori mai multe gene[160]. Faptul că există şi numai o sută de gene comune sugerează evoluţia dintr-o primă formă de viaţă de pe Pământ.

Această idee e susţinută de descoperiri mai recente potrivit cărora gene precum Pax-6 şi cele din familia Hox reglează dezvoltarea unor structuri corporale foarte diferite la o gamă largă de specii şi sunt interschimbabile între specii.

Totuşi, atunci când discutăm despre gene este important să recunoaştem că o genă nu e o simplă secvenţă liniară de ADN care codifică producerea unei anumite proteine sau molecula de ARN, aşa cum se credea atunci când a fost dezvoltat modelul neodarwinian. În 1977, specialiştii în biologie moleculară Richard J. Roberts şi Phillip A. Sharp au descoperit în mod independent că genele eucariotelor sunt separate din punct de vedere funcţional în segmente codificante, numite *exoni*, care sunt întrerupte de secvenţe necodificante de ADN, numite *introni*. Folosirea sau excluderea diferiţilor exoni permite crearea mai multor proteine pornind de la o singură genă.

Deşi concluziile sale, publicate în 1951, au fost luate în derâdere la vremea respectivă, Barbara McClintock, care lucra la Cold Spring Harbor Laboratory, a identificat „gene săltăreţe" sau ceea ce azi numim *transpozoni*. Este vorba despre fragmente de ADN capabile să se deplaseze sau să se transpună fie decupându-se şi inserându-se, fie reproducându-se şi inserând copii ale lor însele în diferite poziţii din cromozom sau chiar în cromozomi diferiţi. Un transpozon poate bloca funcţia unei secvenţe ADN cu care se îmbină producând o mutaţie.

În 1955, McClintock a sugerat că aceste elemente mobile ale genomului pot juca un rol regulator, determinând care gene sunt activate şi când. În 1969, specialistul în biologie moleculară Roy Britten şi specialistul în biologie celulară Eric Davidson au speculat că transpozonii joacă un rol nu numai în reglarea expresiei genei, dar şi în generarea diferitelor tipuri de celule şi a diferitelor tipuri de structuri, în funcţie de locul din genom în care se inserează. Ei sunt de părere că acest lucru ar putea să explice în parte de ce un organism pluricelular are atât de multe tipuri diferite de celule, ţesuturi şi organe, deşi toate celulele sale împărtăşesc acelaşi genom.

Ortodoxia biologică a respins aceste sugestii, dar studiile din primul deceniu al secolului XXI au arătat că există mulţi transpozoni împărtăşiţi de grupuri taxonomice foarte îndepărtate şi că aceştia se găsesc (de obicei în cantităţi mari) în aproape toate organismele atât procariote, cât şi eucariote. De exemplu, ei reprezintă aproximativ 50% din genomul uman şi până la 90% din genomul porumbului. În plus, transpozonii pot influenţa transcripţia genelor.[16]

În 2012, proiectul ENCODE (Encyclopedia of DNA Elements), un studiu al genomului uman desfăşurat pe o perioadă de nouă ani şi la care au muncit 440 de cercetători din 32 de laboratoare din întreaga lume, a raportat că genele ar putea fi răspândite pe tot cuprinsul unui genom, că regiuni vaste de codificare a proteinelor se suprapun cu alte gene şi că regiunile regulatoare nu trebuie sa fie situate în apropierea secvenţei de codificare a moleculei liniare sau chiar în acelaşi

cromozom. În plus, în timp ce ADN-ul codificator de proteine reprezintă abia 2% din genom, aproximativ 80% dintre bazele studiate - „ADN-ul deşeu“ - au manifestat semne de activitate funcţională. O mare parte din aceste procese par să aibă de-a face cu reţele complexe de colaborare care reglează expresia genelor.[17]

Aceste cercetări au confirmat cercetările lui McClintock, Britten şi Davidson, impunând o reevaluare a conceptului de genă şi a funcţiei aşa-numitului „ADN deşeu“ - ce constituie 98% din genomul uman -, noţiune care s-a impus timp de aproape 50 de ani.

GENOMICA

Aceste studii ce au pus sub semnul întrebării paradigma au fost posibile graţie dezvoltării tehnologice din secolul XXI, care a permis secvenţierea nu numai a genelor individuale, dar şi a întregului genom161 al unui organism, a întregului său conţinut genetic.

Până în 2009, a fost secvenţiat genomul a aproximativ 2.000 de organisme şi al mult mai multor viruşi, ceea ce a permis analize şi comparaţii între specii diferite mult mai precise decât permit genele individuale. Acestea au arătat, de exemplu, că la procariote aproximativ 98% din genom codifică proteine structurale, în vreme ce la eucariote numai aproximativ 2% din genom are o asemenea funcţie.

În 2003, a fost secvenţiat genomul uman şi s-a observat, printre multe alte lucruri, că nu posedăm 100.000 de gene, cum se crezuse anterior, ci probabil numai în jur de 30.000, reevaluate între timp la aproximativ 25.000, unele având mai multe copii. Proiectul „Genomul Uman“ explică:

> Deşi proiectul este complet, multe întrebări rămân încă fără răspuns, inclusiv funcţia majorităţii celor 30.000 de gene umane estimate. Pe de altă parte, cercetătorii nu cunosc încă rolul polimorfismelor uninucle-otidice [modificări ale unei singure perechi de baze din interiorul genomului] sau rolul regiunilor necodificante şi repetiţiilor din genom.[18]

Nu numai că omul are aproape acelaşi număr de gene precum şoarecele, dar alte date arată că este vorba de nici jumătate din numărul de gene ale soiurilor de orez *japonica* şi *indica*. Aceste descoperiri au provocat o reacţie generală rezumată de scriitorul Matt Ridley după cum urmează: „O detronare la o asemenea scară nu s-a mai întâmplat de când Copernic ne-a scos din centrul sistemului solar.“[19]

Specii	Numărul estimat de perechi de baze ADN per genom	Numărul estimat de gene	Numărul mediu de perechi de baze ADN per genă	Numărul de cromozomi
Homo sapiens (om)	3,2 miliarde	~25.000	130.000	46
Mus musculus (şoarece)	2,6 miliarde	~25.000	100.000	40
Drosophila melanogaster (musculiţa de oţet)	137 milioane	13.000	11.000	8
Arabidopsis thaliana (plantă)	100 milioane	25.000	4.000	10
Caenorhabditis elegans (vierme cilindric)	97 milioane	19.000	5.000	12
Saccharomyces cerevisiae (drojdie)	12,1 milioane	6.000	2.000	32
Escherichia coli (bacterie)	4,6 milioane	3.200	1.400	1

Tabelul 18.1 Comparaţie între genomurile unor specii diferite
Sursa: Proiectul „Genomul Uman“.

O astfel de reacţie a fost întărită de celebrele statistici care arată că oamenii împărtăşesc 98,5% din gene cu cimpanzeii, 90% cu şoarecii, 85% cu peştele-zebră, lung de 4-6 centimetri, 36% cu *Drosophila melanogaster* şi aproximativ 21% cu *Caenorhabditis elegans*, un vierme cilindric de un milimetru.

Această reacţie se bazează însă pe trei erori. În primul rând, rezultatul potrivit căruia oamenii împărtăşesc 98,5% din gene cu cimpanzeii e obţinut pornind de la o diferenţă estimată de 1,5% între secvenţele nucleotidice ale genelor cu presupuse funcţii asemănătoare. Însă studiile care iau în calcul pierderile de gene, inserţiile de gene şi duplicările arată că, în privinţa genelor complementare, între om şi cimpanzeu există o diferenţă de cel puţin 6%.[20]

În al doilea rând, nu compară lucruri asemănătoare. De exemplu, plantele depind de duplicarea genelor pentru a obţine diversitate proteică, în timp ce la oameni diversitatea proteică este asigurată printr-un proces de îmbinare alternativă: o singură genă face mai multe lucruri, iar genele sunt în mod constant divizate şi îmbinate, având secvenţe şi funcţii diferite. În consecinţă, funcţionarea genelor umane produce un organism mult mai complex decât cel al unei plante de orez.

Pg.378

În al treilea rând, se presupune că gradul de înrudire între specii este cel mai bine măsurat prin numărul de gene comune, ignorându-se aproximativ 98% din ADN-ul cromozomial al eucariotelor, în special secvenţele regulatoare ce determină când, în ce măsură şi pentru cât

timp sunt activate genele şi, în consecinţă, caracterele observabile ale organismului.

Secvenţierea genomului ne arată acum că duplicarea pe scară largă a genelor şi chiar duplicarea întregului genom contribuie semnificativ atât la expansiunea familiei de gene, cât şi la evoluţia genomului.[21]

Genomica a mai evidenţiat o incoerenţă a modelului biologic ortodox, pe care am menţionat-o anterior: la procariote au loc transferuri orizontale de gene, inclusiv între specii care nu sunt strâns înrudite.[22] Potrivit biochimistului Ford Doolitle, de la Universitatea Dalhousie, analizele genomice au arătat că, cel puţin în cazul procariotelor, transferul orizontal de gene a jucat un rol major în dezvoltarea evolutivă, spre deosebire de transferul vertical de la celula-mamă la celula-fiică.[23]

Transferul orizontal de gene are loc şi la eucariote, deşi într-o măsură mult mai mică decât la procariote. Totuşi, acest transfer a contribuit semnificativ la apariţia eucariotelor. În plus, hibridizarea plantelor şi animalelor este, în fond, un transfer orizontal masiv de gene. Aceste descoperiri recente din domeniul geneticii şi genomicii nu invalidează fenomenul evoluţiei biologice, ba chiar întăresc dovezile în favoarea sa. Însă pun sub semnul întrebării eficacitatea explicării sale prin apelul la modelul neodarwinian.

CONCLUZII

1. Speciile vii formează un tipar de complexitate tot mai crescută de la bacterii la om.
2. Dovezile oferite de structurile omologe, de vestigii, de embriologie, de biogeografie, de biochimie, de genetică şi de genomică sugerează că speciile vii au evoluat dintr-un strămoş universal comun de pe Pământ.
3. Multe specii suferă variaţii reversibile ca reacţie la modificările mediului înconjurător, dar modificările reversibile nu sunt o evoluţie a speciilor (unele varietăţi sunt clasificate de unii biologi drept noi specii; aceste decizii sunt discutabile şi umbresc înţelegerea elementelor care caracterizează o nouă specie).

CAPITOLUL 19
Dovezile evoluţiei biologice 3: comportamentul speciilor vii

S-a spus pe drept cuvânt că întreaga natură este în stare de război; cei mai puternici izbândesc în cele din urmă, iar cei mai slabi eşuează [...]. Dura şi neîncetata luptă pentru existenţă va

face ca acele variaţii favorabile, oricât de slabe, să fie păstrate sau selectate, iar cele nefavorabile să fie distruse.

Charles Darwin, 1868[162]

Acele specii care în mod voluntar sau involuntar renunţă la [sociabilitate] sunt condamnate la degradare; în timp, animalele care ştiu cel mai bine să se combine au cele mai mari şanse să supravieţuiască şi să evolueze [...]. Cele mai adaptate animale sunt astfel şi cele mai sociabile, iar sociabilitatea pare să fie principalul factor al evoluţiei.

Piotr Kropotkin, 1914

Zoologia a dat naştere etologiei, o subdisciplină ce studiază comportamentul animalelor, atunci când observaţiile naturaliştilor asupra animalelor din sălbăticie au început să cuprindă experimente menite să investigheze caracteristicile, cauzele, mecanismele, dezvoltarea, controlul şi istoria evolutivă a comportamentului acestora.

Se consideră în general că austriacul Konrad Lorenz şi britanicul de origine olandeză Niko Tinbergen au pus bazele acestei ştiinţe în anii ’20 şi ’30. Experimentele lui Lorenz pe raţe şi gâşte au arătat că puii proaspăt ieşiţi din găoace dezvoltă un repertoriu de comportamente declanşate de stimuli specifici emişi de părinte sau de un substitut al părintelui. Astfel de tipare comportamentale ireversibile, susţinea Lorenz, reprezintă o caracteristică a speciei la fel de specifică precum penajul. Lorenz şi Tinbergen considerau că dacă indivizii unei specii au o lungă istorie de reacţii avantajoase la anumiţi stimuli, în special la cei asociaţi cu supravieţuirea şi reproducerea, atunci selecţia naturală favorizează adaptările care vor spori receptivitatea la aceşti stimuli. Astfel, un ghidrin mascul va ataca un alt mascul din cauza culorii roşii a acestuia, dar va curta o femelă datorită abdomenului său argintiu şi bombat. Alte tipuri de comportament ar putea fi însă învăţate prin experienţă.

De atunci, etologia s-a ramificat într-o varietate de subdiscipline specializate precum studiul comportamentului anumitor specii, teoria istoriei vieţii, ecologia evoluţionistă, ecologia comportamentului şi sociobiologia - care au condus la o extindere a cercetării către evoluţia socială -, în timp ce alte tendinţe din etologie au interacţionat cu diferite alte discipline ştiinţifice pentru a genera domenii hibride precum învăţarea socială, psihologia comparată, etologia cognitivă şi neuroetologia.

Aceste abordări specializate, analitice şi teoretice, pot oferi perspective valoroase în domeniul comportamentului animal, deşi nu există un consens foarte larg nici în interiorul, nici între aceste

domenii. Eu vreau în schimb să fac un pas înapoi şi să examinez ce fel de tipare evolutive generale, dacă există vreunul, sunt evidenţiate de aceste studii specializate.

SPECIILE UNICELULARE

Membrii multor specii unicelulare manifestă forme primitive de comportament social pe care Kropotkin le-a descris la începutul secolului XX cu referire la o serie de specii animale[163], cum ar fi comunicarea şi munca în echipă pentru construirea unui adăpost comun, producerea şi creşterea urmaşilor, căutarea hranei, apărarea, atacarea prăzii şi migrarea spre locuri mai favorabile supravieţuirii şi reproducerii.[1]

Cele mai multe specii de bacterii sunt capabile să formeze comunităţi cum ar fi coloniile microbiene sau biopeliculele, adesea protejate de o matrice formată din excreţii bacteriene. Biopeliculele conţin foarte rar o singură specie bacteriană, cu atât mai puţin o singură filiaţie clonală. Placa dentară, de exemplu, poate conţine până la 500 de specii de bacterii. Ca şi în cazul insectelor sociale, biopeliculele pot de asemenea servi ca locuri de reproducere.[2]

Mixobacteriile, precum *Myxococcus xanthus*, se implică în atacuri colective asupra prăzii microbiene, pe care o copleşesc numeric, o dezintegrează cu ajutorul enzimelor bacteriene şi o consumă.

Comunicarea este exemplificată prin ceea ce este cunoscut sub numele de „detectare a cvorumului“. Bacteriile eliberează molecule semnalizatoare în jurul lor şi posedă de asemenea receptori pentru acest tip de molecule. Atunci când receptorii lor înregistrează un număr suficient de astfel de molecule - care măsoară densitatea populaţiei locale - are loc o reacţie coordonată, cum ar fi activarea unor gene ce controlează producerea şi excreţia de polizaharide pentru biopeliculă sau enzime care digeră prada în folosul tuturor membrilor populaţiei sau care generează luminiscenţă.[3]

Amiba *Dictyostelium discoideum*, care în mod obişnuit duce un trai solitar şi unicelular în solul umed şi se hrăneşte cu bacterii, ilustrează migrarea şi reproducerea realizate în colaborare. Atunci când sunt lipsite de surse de hrană, aproximativ o sută de celule se grupează pentru a forma o masă compactă ce migrează către suprafaţă, unde formează o tulpină care are în vârf un sorus, adică o bilă de celule reproducătoare ce împrăştie spori unicelulari. Aproape 20% dintre celulele care formează această agregare nu se înmulţesc, ci mor într-un act aparent altruist.

Specialistul în genetică bacteriană James Shapiro, care a studiat în amănunt comportamentul social al bacteriilor, conchide că, în cazul acestor microorganisme, colaborarea (nu numai dintre indivizii

aceleiaşi specii, ci şi dintre specii diferite) are un rol determinant în supravieţuirea lor.[4]

SPECIILE PLURICELULARE

Un organism pluricelular este format din *celule eucariote*. Fiecare dintre aceste celule constă în câteva părţi acoperite de membrană care au funcţii specifice, precum nucleul, care controlează şi coordonează celelalte părţi sau organite, de exemplu mitocondriile unde este generată energia (vezi figura 19.1). O celulă eucariotă este, în esenţă, o colecţie de organite, provenite de la procariote diferite ce colaborează pentru a menţine în viaţă celula şi a asigura reproducerea ei.

Un grup de astfel de celule, numit ţesut, colaborează pentru a îndeplini o funcţie specifică, cum ar fi ţesutul muscular care se contractă şi se relaxează. În mod asemănător, mai multe tipuri de ţesuturi cooperează pentru a forma un organ cu rol specific, precum inima care pompează sângele, iar diferite organe cooperează la un nivel şi mai înalt. De fapt, un organism este alcătuit, la mai multe niveluri, din părţi care colaborează pentru a menţine întregul în viaţă şi capabil de reproducere.

Biologii evoluţionişti David Queller şi Joan Strassmann sugerează că „esenţa oricărui organism constă în acest scop împărtăşit; părţile lucrează la un loc pentru întregul integrat, cu un nivel înalt de cooperare şi un nivel scăzut de conflictualitate“[5]. Această activitate direcţionată se potriveşte cu definiţia vieţii sugerată la pagina 253.

GENELE

Pg.382

Colaborarea se extinde până la nivelul genelor. Am văzut în capitolul anterior cum gena Pax-6 controlează şi coordonează activitatea a până la 2.000 de alte gene pentru a dezvolta ochiul[164]. Acesta este numai un exemplu al unui fenomen larg răspândit în cadrul căruia unele gene lucrează împreună sub controlul altor gene regulatoare pentru a dezvolta un organ sau pentru a îndeplini o funcţie specifică. Unele dintre cel mai intens studiate gene regulatoare sunt cuprinse în familia Hox, care colaborează pentru a coordona dezvoltarea părţilor corpului la aproape orice animal cu simetrie bilaterală studiat până acum.[6]

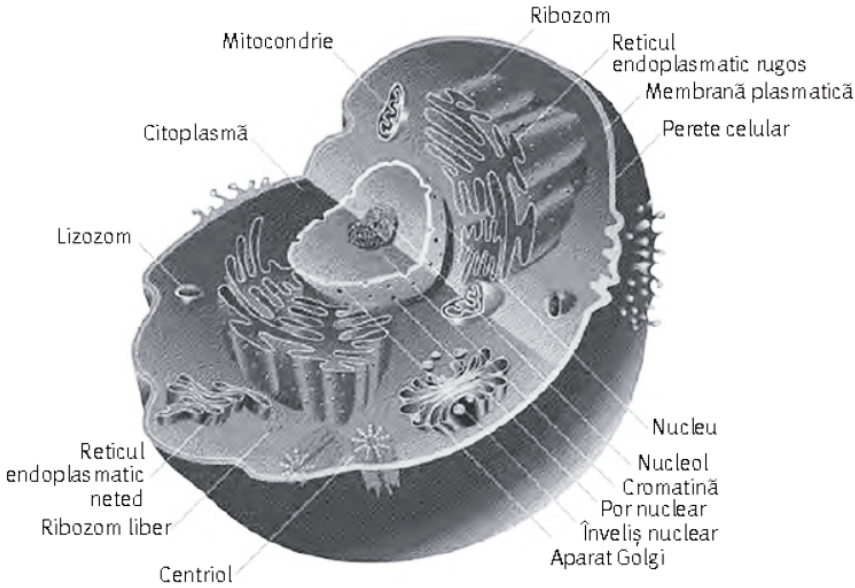


Figura 19.1 Celulă eucariotă simplă.

Printre alte cercetări recente se numără un studiu din 2010 care ajunge la concluzia că inteligenţa umană este controlată de o reţea de mii de gene în care fiecare dintre ele are doar o mică contribuţie, şi nu doar de câteva gene puternice, aşa cum se credea înainte.[7]

Colaborarea nu reprezintă singurul comportament al unui organism. Atunci când o serie de gene regulatoare nu mai funcţionează, de obicei din cauza unor mutaţii, celulele se pot reproduce necontrolat, iar astfel de celule canceroase intră în competiţie cu alte celule pentru propria supravieţuire şi le distrug. Totuşi, competiţia este mai curând excepţia decât regula într-un organism.

Pg.383

PLANTELE

De obicei, plantele nu sunt luate în considerare în studiul comportamentului[165] dar fără colaborare cele mai multe dintre ele nu ar reuşi să se înmulţească, deoarece nu se pot autopoleniza. Deşi polenul este adus uneori de vânt pe pistilul unei plante, de obicei este cărat de insecte, păsări şi chiar de unele mamifere (în special lilieci). Această colaborare are de obicei beneficii reciproce: organismul care transportă polenul bea nectarul sau, ca în cazul albinelor, păstrează o parte din polen. Unele flori emit mirosul unor alimente, cum ar fi nuca de cocos, pentru a atrage insectele care le polenizează, în timp ce unele specii de orhidee au flori care mimează imaginea şi mirosul unei viespi femele, pentru a atrage masculi.

INSECTELE

Insectele sunt probabil cele mai studiate organisme. Majoritatea speciilor de furnici, viespi, albine (ordinul *Hymenoptera*) şi termite (ordinul *Isoptera*, deşi unii cercetători le includ acum în subordinul *Dictyoptera*, alături de gândaci) colaborează într-un mod atât de coordonat, încât sunt numite de obicei insecte sociale.

Deşi unele specii de albine sunt solitare, membrii celor mai multe specii trăiesc în colonii care, în cazul albinelor tropicale fără ac, pot să cuprindă până la 180.000 de indivizi. O colonie de albine lucrează împreună amestecând ceara pe care o secretă cu răşini de plante pentru a construi şi menţine un stup elaborat alcătuit din grupuri de alveole hexagonale cu pereţi fini, numite faguri, şi din zone separate pentru creşterea larvelor şi pentru înmagazinarea mierii şi polenului, la care se adaugă un spaţiu de reciclare, toate acestea fiind înconjurate de o sinuoasă structură de susţinere.

Furnicile cultivatoare de fungi din America Centrală sapă cuiburi în sol ce se întind pe sute de metri lungime şi până la şase metri adâncime, cu câteva mii de intrări şi cu aproximativ o mie de camere.

Termitele construiesc de regulă movile protectoare alcătuite dintr-o substanţă asemănătoare cimentului făcută de muncitoare din pământ amestecat cu propria salivă. Galeriile sunt răcorite printr-un sistem de ventilare prin umezirea permanentă a pereţilor cu salivă şi cavităţi tubulare ce permit

aerului fierbinte să se ridice şi să iasă la suprafaţa movilei prin mici orificii. În centrul cuibului se află camera regală, în care regele - singurul mascul fertil al coloniei - şi regina locuiesc şi se împerechează. În jurul acestei încăperi se găsesc camerele pentru larve, în care lucrătoarele duc larvele. Camerele de depozitare a hranei sunt legate prin tunele, iar deasupra acestora se află grădinile de fungi, în care este cultivată hrana.

În pofida diferenţelor specifice între comportamentul multor specii de insecte sociale, există un tipar general recognoscibil.

a. *Colonia ierarhică*

Insectele sociale trăiesc şi lucrează împreună ca o colonie ierarhică de membri interdependenţi într-un cuib, un stup sau un muşuroi pe care l-au construit.

b. *Diviziunea muncii*

De obicei, numai una sau mai multe regine (plus un rege în cazul termitelor) produc urmaşi, în timp ce lucrătoarele sunt de regulă specializate în sarcini precum construirea şi menţinerea cuibului, căutarea hranei, hrănirea larvelor, păzirea şi apărarea coloniei. De exemplu, o colonie de albine melifere poate conţine

până la 50.000 de femele care au ovare dezvoltate şi pot depune ouă. Dar toate femelele şi 99,9% dintre masculi sunt progeniturile unei singure femele, regina. Celelalte femele au rolul de lucrătoare, în timp ce masculii sau trântorii sunt de obicei lipsiţi de ac, nu produc miere, nu muncesc, singura lor funcţie fiind aceea de a se împerechea în zbor cu regina.

c. *Diferenţierea morfologică*

În multe cazuri, membrii coloniei au caracteristici morfologice adaptate rolului pe care îl îndeplinesc, cum e cazul reginelor de dimensiuni mari, care au o mare capacitate de reproducere. În cazul himenopterelor, de exemplu, regina trebuie să fie suficient de mare încât să depoziteze şi să menţină în viaţă milioane de spermatozoizi rezultaţi în urma unei singure împerecheri în zbor şi apoi să-i folosească pe o perioadă de 20 de ani pentru a-şi fertiliza ouăle pe care le depune.

d. *Modificarea capacităţii reproductive*

În timp ce reginele dezvoltă abilităţi reproductive crescute, lucrătoarele de regulă pierd capacitatea de a se împerechea şi astfel pot depune numai ouă nefertilizate, haploide, din care rezultă masculi. În cazul unor genuri de furnici şi albine fără ac, lucrătoarele sunt complet sterile.

Pg.385

e. *Controlul şi coordonarea*

Diviziunea muncii este coordonată şi întărită. Albinele lucrătoare construiesc o celulă mai mare pentru a creşte o regină pe care o hrănesc cu lăptişor de matcă, în timp ce restul larvelor sunt hrănite insuficient, pentru a nu se dezvolta în regine. În cazul albinelor fără ac din genul *Melipona,* toate larvele sunt plasate în alveole identice şi primesc acelaşi tip de hrană; apoi, când din aceste larve apar adulţii, lucrătoarele omoară reginele suplimentare. La multe specii ouăle depuse de lucrătoare sunt consumate de alte lucrătoare - 98% dintre ele, în cazul albinelor - sau de regină. Lucrătoarele care depun ouă pot fi chiar atacate.[8]

f. *Altruismul*

Unele insecte manifestă un comportament aparent altruist. O albină lucrătoare îşi foloseşte acul pentru a-şi apăra colonia chiar dacă desprinderea acului duce la propria moarte. Cei mai mulţi biologi evoluţionişti şi etologi descriu reducerea sau pierderea capacităţii reproductive a lucrătoarelor în favoarea reproductivităţii sporite a reginei drept altruism. Totuşi, când un astfel de comportament este forţat, nu mai e vorba de altruism

în înţelesul obişnuit al cuvântului.

altruism Comportament caracterizat printr-o preocupare dezinteresată pentru binele celorlalţi.

Colaborarea voluntară pentru beneficiul reciproc este diferită de colaborarea forţată, tot aşa cum erau şi societăţile cooperative voluntare de ţărani din Siberia observate de Kropotkin faţă de fermele colective aflate sub control central din perioada sovietică. Cred că este bine să se facă deosebire între cele două cazuri, astfel încât voi folosi următorii termeni:

cooperare Colaborare voluntară pentru atingerea unor obiective stabilite în comun sau pentru beneficiul reciproc.

colectivizare Colaborare involuntară determinată de instinct, de învăţare condiţionată sau de coerciţie.

Comportamentul insectelor sociale este instinctiv şi, astfel, e foarte probabil moştenit şi selectat genetic, aşa cum au sugerat Lorenz şi Tinbergen. Totuşi, pe măsură ce speciile devin mai complexe observăm apariţia şi dezvoltarea comportamentului învăţat.

PEŞTII

Experimentele de laborator de la începutul secolului XXI arată că peştii introduşi într-un grup străin copiază obiceiurile noului grup în ceea ce priveşte respectarea anumitor rute, preferinţa pentru o anumită hrană şi folosirea unor locuri specifice pentru hrănire şi împerechere. O astfel de adoptare a

unor tipare de comportament se petrece mult prea rapid pentru a fi rezultatul selecţiei naturale a unor comportamente determinate genetic în scopul celei mai bune adaptări la mediu.[9] Conform etologului Kevin Laland, de la Universitatea St. Andrews, astfel de comportamente învăţate social încalcă una dintre supoziţiile fundamentale ale neodarwinismului. În plus, sunt „menţinute ca «tradiţii» de-a lungul mai multor generaţii".[10]

SURICATELE

Mamifere nonprimate de talie mică din regiunile aride ale Africii de Sud, suricatele trăiesc în colonii sociale care ajung până la 40 de indivizi. Aceste grupuri conţin o femelă şi un mascul dominanţi care sunt părinţii a peste 80% dintre puii grupului, la care se adaugă un număr variabil de masculi şi femele în vârstă de peste trei luni care ajută la creşterea puilor şi la îndeplinirea altor funcţii sociale, cum ar fi aceea de santinele ce dau alarma în cazul apariţiei prădătorilor, în timp ce restul grupului se puricã, se joacă sau caută hrană.

Achiziţia hranei într-un astfel de mediu necesită abilităţi considerabile, iar observaţiile şi experimentele pe suricate în mediul lor natural au arătat nu numai că indivizii învaţă prin încercare şi eroare şi prin comportament deprins social[11], dar şi prin intermediul adulţilor care le arată puilor cum să vâneze în siguranţă, aducându-le scorpioni ca să exerseze.[12]

PRIMATELE

Asemenea altor specii mai puţin complexe, unele primate omoară indivizi ai altor specii pentru a se hrăni, dar în general dieta lor e alcătuită cu precădere din fructe şi vegetaţie.

În cadrul propriei specii, primatele manifestă un comportament competitiv şi agresiv ce are adesea drept rezultat moartea, mai ales atunci când masculii intră în competiţie între ei pentru femele, teritorii sau resurse. La gorile şi cimpanzei, care reprezintă cele mai studiate specii, un astfel de comportament se extinde adesea şi la infanticid, atunci când un mascul preia conducerea grupului şi ucide puii mici ai altui mascul. Dar primatele sunt şi animale sociale care trăiesc în grup, iar în cadrul grupului agresivitatea este adesea mai curând o paradă decât o confruntare reală. Colaborarea este cel puţin tot atât de semnificativă cât competiţia pentru propria supravieţuire şi reproducere, manifestându-se sub forma unor comportamente precum apărarea în faţa prădătorilor, vânătoarea, creşterea puilor şi migraţia. Este întărită prin toaletare reciprocă şi prin joacă.

În urma studiilor asupra comportamentului urangutanilor, primatologul Carel van Scaik conchide că inteligenţa depinde mai mult de oportunităţile de transmitere socială decât de mediul înconjurător sau de gene şi că specia ce are mai multe ocazii de învăţare socială este mai inteligentă.[13] În opinia lui Laland, învăţarea socială şi inteligenţa primatelor nonumane, măsurate prin inventarea mai multor soluţii noi pentru rezolvarea unor probleme, cresc proporţional cu dimensiunea creierului.[14] În urma comparării a 62 de specii de primate, etologul cognitivist Simon Reader conchide la rândul lui că învăţarea socială evoluează odată cu creşterea dimensiunii creierului şi cu inteligenţa generală.[15]

Acestea şi multe alte studii din prima decadă a secolului XXI extind şi întăresc observaţiile formulate de Kropotkin în urmă cu peste o sută de ani.

> Ajutorul reciproc este o lege a vieţii animale la fel de valabilă precum lupta reciprocă, dar ca factor al evoluţiei are foarte probabil o importanţă mult mai mare, în măsura în care favorizează obiceiuri şi caractere ce asigură menţinerea şi dezvoltarea ulterioară a speciei, împreună cu cea mai mare

cantitate de bunăstare şi satisfacţie pentru individ şi cât mai puţină risipă de energie.[16]

Şi:

Din acest motiv, în vârful fiecărei clase de animale găsim furnicile, papagalii şi maimuţele, care combină cea mai mare sociabilitate cu cea mai dezvoltată inteligenţă. Cele mai adaptate animale sunt astfel şi cele mai sociabile, iar sociabilitatea pare să fie principalul factor al evoluţiei.[17]

Astfel de comportamente nu se potrivesc cu modelul neodarwinian, care se bazează pe competiţie. Într-un capitol viitor voi examina diferitele ipoteze pentru explicarea comportamentului cooperativ prin extinderea acestui model.

ASOCIERILE DINTRE SPECII

Comportamentul dintre specii este adesea marcat de competiţia pentru resurse şi de predatorism. Totuşi, asocierile dintre membrii unor specii diferite sunt larg răspândite. Ele îmbracă trei forme. Comportamentul parazitar apare atunci când un membru obţine beneficii în timp ce celălalt este prejudiciat, ca în cazul viermilor laţi ce invadează ochii cleanului pentru a găsi hrană şi adăpost, în timp ce gazdei îi este afectată vederea. Comportamentul comensal, în care un membru câştigă în timp ce celălalt nu e afectat, este rar

întâlnit. Mult mai frecvente sunt asocierile cooperative, în care beneficiile sunt reciproce. Am descris mai sus polenizarea. Un alt exemplu de cooperare între specii sunt asocierile ce au ca scop curăţarea, ca în cazul peştilor din specia *Labroides dimidiatus*, care se hrănesc cu paraziţi de pe corpul unor peşti prădători de talie mare care în alte circumstanţe i-ar devora.[18]

CONCLUZII

1. Colaborarea este o cauză mult mai importantă decât competiţia în dezvoltarea şi supravieţuirea organismelor şi este extinsă la fiecare nivel al vieţii.

1.1. Genele colaborează pentru dezvoltarea unui organism, adesea fiind reglate de alte gene care colaborează la rândul lor.

1.2. Un organism unicelular este alcătuit din părţi care îndeplinesc funcţii specifice şi care colaborează pentru a menţine şi reproduce organismul.

1.3. O celulă eucariotă e alcătuită dintr-un nucleu care controlează colaborarea dintre părţile celulare sau organitele ce desfăşoară funcţii specifice pentru menţinerea şi reproducerea celulei, în timp ce organismele pluricelulare sunt

alcătuite dintr-o ierarhie de grupuri celulare care colaborează pentru a menţine organismul şi pentru a produce urmaşi.

1.4. Membrii multor specii animale cooperează în grupuri sociale pentru supravieţuirea colectivă.

1.5. În timp ce membrii unei specii se asociază în formă parazitară cu membrii altei specii, asocierile cooperative dintre membrii diferitelor specii pentru beneficii reciproce sunt larg răspândite.

2. În cazul speciilor unicelulare şi animale, colaborarea ia în principal forma unei grupări din cadrul unei specii ce comunică şi lucrează laolaltă pentru a construi un adăpost comun, pentru a produce şi creşte urmaşi, pentru a căuta hrană, pentru a se apăra, pentru a ataca prada şi pentru a migra într-un mediu propice supravieţuirii şi reproducerii. În unele cazuri, diferite grupuri din cadrul aceleiaşi specii sau chiar din cadrul unor specii înrudite colaborează pentru un beneficiu comun, în special în timpul migraţiilor.

3. În cazul animalelor, grupul se bazează de obicei, dar nu în mod exclusiv, pe rudenie şi are o diviziune ierarhică a muncii adesea dominată de una sau mai multe femele şi de un mascul care se reproduc, în timp ce restul indivizilor desfăşoară activităţi specializate.

4. Tiparele comportamentale specifice, asociate în special cu supravieţuirea şi reproducerea, sunt de obicei instinctive; ele sunt conforme cu o istorie evolutivă a reacţiilor avantajoase la anumiţi stimuli care au fost transmise urmaşilor.

5. În coloniile unor specii mai simple, precum insectele, colaborarea între indivizii cu specializări diferite este de obicei forţată. În aceste cazuri, un singur membru sau un număr limitat de membri dobândesc capacităţi reproductive deosebite, în timp ce lucrătoarele suferă o reducere a capacităţilor reproductive sau chiar sterilitatea. Deşi s-ar părea că există exemple de altruism în sensul comun al termenului, colaborarea instinctivă sau forţată poate fi considerată mai degrabă colectivism decât cooperativism, în cadrul căruia colaborarea este voluntară sau are beneficii reciproce.

6. Pe măsură ce complexitatea unei specii creşte, de la peşti la primate, învăţarea socială, care este mai eficientă decât învăţarea individuală prin încercare şi eroare, se dezvoltă pentru a completa comportamentul instinctiv; astfel de abilităţi învăţate social pot fi moştenite.

7. În cadrul fiecărei clase, dezvoltarea învăţării sociale se corelează cu creşterea complexităţii creierului, însoţită la rândul

său de o inteligenţă crescută măsurată prin inventarea mai multor soluţii noi pentru rezolvarea unor probleme.

CAPITOLUL 20
Descendenta omului

Ştiinta are dovezi fără nici o certitudine. Creationiştii au certitudini fără nici o dovadă.

Ashley Montagu, 1905-1999

ARBORI FILOGENETICI

Biologii evoluţionişti au ajuns la concluzia că pentru reconstituirea evoluţiei biologice, inclusiv a liniei de descendenţă a omului, cea mai bună metodă este aceea de a clasifica linii sau grupuri de linii ale filiaţiei evolutive. Această idee a dus la apariţia cladisticii, subdisciplină care prezintă astfel de relaţii sub forma unor cladograme sau arbori filogenetici. Figura 20.1 prezintă un exemplu de cladogramă simplă.

Dacă fiecare majusculă reprezintă o specie, atunci la punctul de ramificare sau nodul w specia A se bifurcă în speciile B şi C. La nodul x, specia B se bifurcă în speciile D şi E, în timp ce la nodul y specia C se bifurcă în speciile F şi G/H, iar la nodul z specia G/H se bifurcă mai departe în speciile G şi H.

Rezultă că speciile G şi H împărtăşesc un strămoş comun, G/H, mai recent decât cel pe care îl împărtăşesc cu F, în timp ce G, H şi F împărtăşesc un strămoş comun, C, mai recent decât cel pe care îl împărtăşesc cu E sau D.

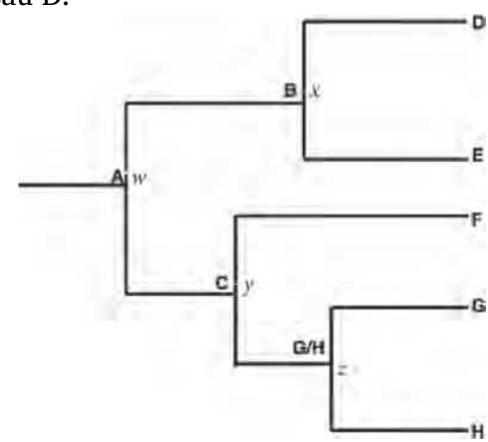


Figura 20.1 Arbore filogenetic simplu.

D, E, F, C şi **H** împărtăşesc o serie de caractere generale, ceea ce arată că au evoluat toate dintr-un strămoş comun mai îndepărtat, reprezentat de A. În general, lungimea ramurilor nu este semnificativă: arborii filogenetici evidenţiază doar ramificările dintr-un strămoş comun.

În mod ideal, clasificările taxonomice tradiţionale linneene şi arborii filogenetici ar trebui să reprezinte grupuri identice. Cu toate astea, apar diferenţe din mai multe motive, inclusiv interpretările fosilelor şi neînţelegerile cu privire la caracterele care ar trebui folosite în determinarea gradelor de rudenie.

Ortodoxia biologică a adoptat poziţia lui Woese, expusă la sfârşitul capitolului 16, conform căreia analiza genetică e mult mai precisă decât registrul fosil, decât morfologia şi decât orice alte caractere[166] În realitate, specialiştii în genetică moleculară analizează proteina sau produsul ARN al uneia sau mai multor gene omologe - gene moştenite de la un strămoş comun - ce aparţin unor specii diferite. De exemplu, în ediţia din 2014 a *Enciclopedia Britannica Online*, fostul preşedinte al Asociaţiei Americane pentru Progresul Ştiinţei, Francisco Jose Ayala, explică faptul că citocromul c (o proteină implicată în respiraţia celulară) este alcătuit din aceiaşi 104 aminoacizi care sunt dispuşi în exact aceeaşi ordine la oameni şi la cimpanzei, dar care diferă de citocromul c al maimuţelor rhesus cu un singur aminoacid, de cel al cailor cu 11 aminoacizi suplimentari şi de cel al tonului cu 21 de aminoacizi suplimentari. „Gradul de asemănare reflectă vechimea strămoşului comun."[1]

Biologii evoluţionişti au mers mai departe şi au dezvoltat tehnica ceasului molecular, care presupune că mutaţia aleatorie prin substituirea unei nucleotide cu o alta se produce într-un ritm liniar ce poate fi calibrat pornind de la registrul fosil, permiţând astfel calcularea momentului bifurcării. În figura 20.1, de exemplu, dacă D, E, F, G şi H reprezintă momentul actual, atunci lungimea ramurii orizontale legate de B reprezintă timpul scurs de când speciile D şi E s-au bifurcat din specia B.

Abordarea neodarwinistă se bazează pe patru supoziţii:

1. Genele omologe pot fi identificate fără ambiguitate.
2. Ramurile arborelui filogenetic se bifurcă doar odată cu trecerea timpului şi nu se mai reunesc niciodată.
3. Singura cauză a evoluţiei biologice este acumularea graduală de mutaţii genetice.
4. Ritmul modificărilor genetice este liniar şi reflectă ritmul evoluţiei biologice.

Toate aceste supoziţii sunt discutabile.

Aşa cum am văzut în capitolul 18, gena nu e o simplă secvenţă de

ADN ce codifică producerea unei proteine care determină o trăsătură a organismului. Cum putem să fim siguri că gena omologă selectată este reprezentativă pentru organism? În ce fel ia în calcul această abordare factori precum viteza de reparare a ADN-ului sau efectul alelelor recesive şi duplicarea genelor? Sau matisarea genetică şi transpozonii? Sau, ceea ce e şi mai important, reglarea genetică, care controlează expresia genei şi care determină astfel alcătuirea unui organism, morfologia sa şi, într-o oarecare măsură, comportamentul său?

Cum alegi între genomul găsit în nucleu şi genomurile din mitocondriile unei celule animale sau din cloroplastele unei celule vegetale pentru a reconstrui istoria evolutivă a unui organism? Cât de reprezentative sunt pentru o specie gena sau genele alese dintr-un singur organism? În ce fel ia în calcul această abordare dimensiunile populaţiilor şi impactul derivei genetice?

Cu peste 25 de ani înainte de exemplul citocromului c oferit de Ayala în ediţia din 2014 a *Encyclopedia Britannica*, biochimistul Christian Schwabe subliniase consecinţele comparării diferenţelor moleculare ale relaxinei, un hormon peptidic răspunzător cu dilatarea canalului de naştere la mamifere şi care astfel permite naşterea unor pui mai dezvoltaţi şi cu un creier mai mare (depinzând de gradul în care este activată această genă). Secvenţa de aminoacizi din relaxina umană diferă faţă de cea întâlnită la porci, şobolani, rechinii-tigru şi rechinii-câine în medie cu aproximativ 55%. Astfel, dacă arborele evolutiv s-ar construi pe baza modificărilor din compoziţia moleculară a relaxinei, mamiferele ar fi trebuit să se desprindă de peştii cartilaginoşi (clasă care include rechinii) fie cu 450 de milioane de ani în urmă (conform celor mai vechi fosile de peşti cartilaginoşi), fie cu 100 de milioane de ani în urmă (vechimea celor mai timpurii mamifere presupusă la vremea respectivă). De aici s-ar deduce că porcii şi şobolanii s-au schimbat foarte puţin din acest punct de bifurcare, în timp ce linia evolutivă ce conduce la oameni a suferit mutaţii ce au o pondere de 55%. Pe de altă parte, registrul fosil indică o divergenţă enormă a speciilor animale în ultimele 65 de milioane de ani.

Schwabe a conchis că:

> Pare derutant că există atât de multe excepţii de la progresia ordonată a speciilor, care e determinată de omologii moleculare. Există de fapt atât de multe, încât cred că excepţia, ciudăţenia, poate să conţină mesajul mai important.[2]
>
> Pg.393

În 2006, Jeffrey H. Schwartz, un antropolog de la Universitatea din Pittsburgh, a adus o critică cuprinzătoare şi nimicitoare la adresa supoziţiilor subiacente, metodologiei, probelor de bază şi concluziilor sistematicii moleculare. În opinia sa, „supoziţia moleculară" nu e

valabilă din punct de vedere biologic. Nu ia în considerare secvenţele regulatoare ce determină morfologia eucariotelor şi „în afară de mutaţiile punctuale produse de radiaţiile ultraviolete, în lumea fizică nu există alte surse constante de mutaţie, iar rata mutaţiilor spontane este scăzută (aproximativ 1 din 10^{-8} până la 10^{-9})“, în timp ce este mult mai puţin probabil ca mutaţiile aleatorii să se petreacă în celulele germinale, singurele care au consecinţe evolutive.[3]

Astfel, interpretarea variaţiei în secvenţa moleculară nu e chiar atât de evidentă. În practică, divergenţele evolutive dramatice se pot petrece doar cu mici modificări în secvenţă, în timp ce divergenţele evolutive minore pot fi corelate cu modificări ample ale secvenţei moleculare.

În plus, în ce fel ia în considerare această abordare evoluţia celor mai numeroase specii de pe planetă - bacteriile şi arheele - şi transferul orizontal de gene între specii îndepărtate? După cum explica în 2009 bioinformaticianul Mark Ragan, de la Universitatea din Queensland, „un număr surprinzător de arbori genetici sunt parţial discordanţi topologic unii cu alţii şi/sau cu relaţiile recunoscute acum între organisme"[4]. Poziţia lui Ragan este oglindită de observaţia din 2009 a biochimistului Ford Doolittle, de la Universitatea Dalhousie: „A devenit deja un truism plictisitor să spui că între arborii genetici ai procariotelor există mult mai multă neconcor- danţă decât ne-am fi putut imagina cu două decenii în urmă“[5].

Scopul acestei investigaţii este acela de a vedea dacă şi cum a evoluat specia umană şi ar fi satisfăcător să găsim un arbore filogenetic care să schiţeze cum au evoluat oamenii de la prima formă de viaţă de pe Pământ. S-au construit numeroşi astfel de arbori, precum cel ilustrat în figura 20.2, descris drept „arborele filogenetic al vieţii unanim acceptat“.

Totuşi, fiecare dintre ei este diferit, deoarece se bazează pe date diferite, supoziţii diferite, metodologii diferite, interpretări diferite şi un registru fosil iremediabil de sărac.

Cercetătorii care folosesc analize moleculare şi ceasuri moleculare diferite stabilesc perioade destul de diferite pentru aceleaşi bifurcări evolutive. De exemplu, estimarea momentului bifurcării genului Pan al cimpanzeilor şi genului Homo variază între 2,7 şi 13 milioane de ani.[6]

Astfel de arbori nu pot să explice speciaţia care se produce prin hibridizare în momentul când unele ramuri filogenetice se unesc, nici speciaţia instantanee produsă prin poliploidizare şi nici evoluţia celor mai numeroase specii, bacteriile şi arheele, pentru care reţeaua de relaţii şi transferul orizontal de gene între specii diferite a jucat un rol hotărâtor.

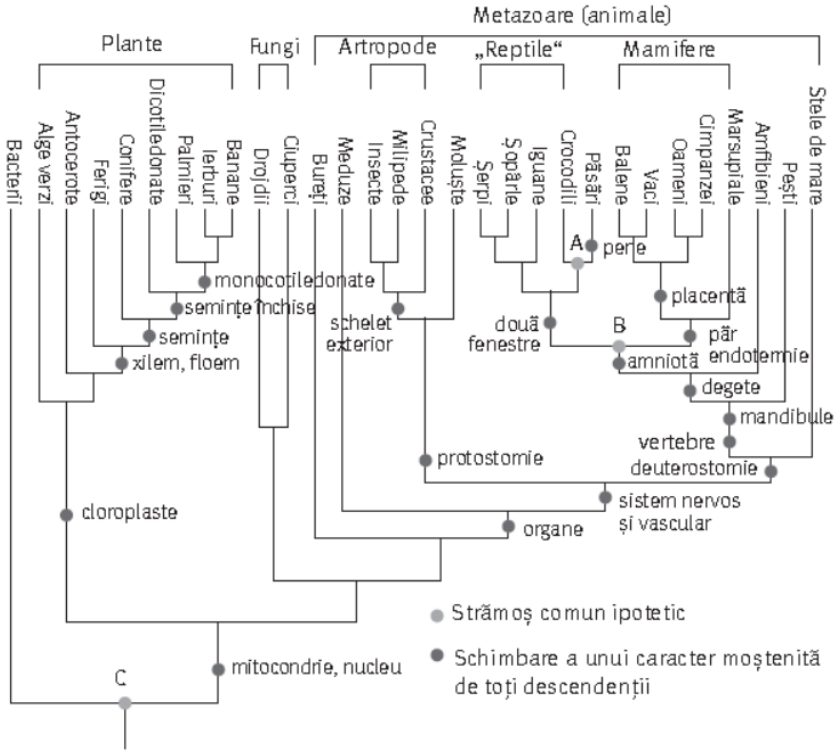


Figura 20.2 Arbore filogenetic ce pretinde că ilustrează evoluţia tuturor formelor de viaţă dintr-un strămoş comun.

TAXONOMIA DESCENDENŢEI UMANE

În absenţa unui arbore filogenetic acceptat de majoritatea specialiştilor, Tabelul 20.1 reprezintă încercarea mea de a sintetiza descoperirile recente din cladistică, citologie, biologie moleculară, genomică, paleobiologie, paleontologie, bacteriologie, biologie evoluţionistă şi primatologie pentru a arăta ce se cunoaşte despre filiaţia de la primele forme de viaţă de pe Pământ până la oameni. Acolo unde este posibil, această taxonomie foloseşte mai multe caracteristici în loc de una singură şi recurge în mod necesar la judecăţi de valoare cu privire la dezacordurile dintre diferitele ramuri ale biologiei şi dintre specialiştii fiecăreia dintre aceste ramuri. De exemplu, nu s-a ajuns încă la un consens cu privire la numărul de regnuri (sau grupuri ancestrale echivalente numite „clade“) existente, 3, 4, 5 sau 6, şi nu se ştie sigur dacă acestea ar trebui separate într-un număr mai mic de supraregnuri numite domenii. De dragul coerenţei cu capitolele precedente ale acestei cărţi, tabelul 20.1 foloseşte nomenclatura sistemului format din trei domenii.

Este util să subliniem două lucruri: în primul rând, cu cât ne întoarcem mai mult în timp, cu atât incertitudinea este mai mare; şi, în al doilea rând, deşi graniţele dintre aceste grupuri taxonomice marchează apariţia inovaţiilor evolutive, aşa cum se întâmplă în cazul tuturor emergenţelor, aceste graniţe sunt mai incerte.

În următoarele capitole voi lua în considerare cauza sau cauzele acestui tipar în evoluţia biologică.

Tabelul 20.1 Taxonomia descendenţei omului

Clasificare	Nume	Caracteristici citologice, genomice, morfologice și comportamentale	Exemple
	Strămoș comun universal	Prima entitate independentă închisă sau celulă (sau poate rețea de protocelule), alcătuită din mai multe părți care lucrează împreună ca reacție la mediul înconjurător și pentru a extrage energie și materie din acesta cu scopul de a-și conserva existența și de a se reproduce.	Nici unul.
Domeniu	Bacterii și arhee	Organisme extrem de mici și de simple alcătuite dintr-o singură celulă, a cărei informație genetică este de obicei o buclă pliată de ADN dublu-elicoidal, neînchisă într-un nucleu prevăzut cu o membrană; celula poate să conțină una sau mai multe plasmide, catene circulare de ADN ce se pot replica independent și nu sunt răspunsătoare de reproducerea organismului. Cele mai multe se reproduc prin separarea în două cópii identice cu sine. Cele mai vechi își produc hrana prin chemosinteză sau fotosinteză, dar cele mai multe bacterii și arhee existente în prezent se susțin prin ingerarea de părți din alte organisme vii sau moarte. În general au pereți celulari rigizi și multe dintre ele sunt capabile să încorporeze ADN străin prin transfer orizontal de gene, chiar și de la specii neînrudite genetic. Multe manifestă o formă primitivă de comportament social pentru a supraviețui și a se reproduce.	Bacteriile și arheele actuale și strămoșii acestora, din care se presupune că ar fi evoluat eucariotele.
Domeniu	*Eukarya* (Eucariote)	Organisme alcătuite din una sau mai multe celule sau, mult mai des, din grupuri de celule ce colaborează, fiecare dintre ele conținând un nucleu înconjurat de o membrană, nucleu ce controlează acțiunea organitelor, componente celulare de mici dimensiuni și autonome care desfășoară funcții specifice în vederea menținerii și propagării organismului. Cele mai multe celule eucariote se reproduc dând naștere unor cópii identice, în timp ce majoritatea eucariotelor multicelulare se propagă prin reproducerea sexuată prin unirea unei celule sexuale a unui organism cu o celulă sexuală complementară provenită de la un alt organism, astfel încât urmașul conține gene de la ambii părinți.	Protoctiste, fungi, plante, animale.

Clasificare	Nume	Caracteristici citologice, genomice, morfologice și comportamentale	Exemple
Regn	*Animalia* (Animale)	Eucariote multicelulare cărora le lipsesc pereții celulari sau care au pereți celulari foarte permeabili și care posedă un sistem nervos. Cele mai multe sunt mobile (capabile de mișcare independentă) și se hrănesc cu alte organisme pentru a supraviețui.	Spongieri (adulții nu sunt mobili), viermi, insecte, pești, amfibieni, reptile, păsări și mamifere.
Încrengătură	*Chordata* (Cordate)	Animale ce conțin în anumite stadii de dezvoltare o structură asemănătoare unei baghete flexibile care susține corpul prevăsută deasupra cu un cordon nervos; de obicei, au un corp alungit cu simetrie bilaterală, cu o gură și organe de simț la extremitatea anterioară (frontală) și un orificiu excretor la celălalt capăt al corpului.	Vertebrate și nevertebrate marine strâns înrudite, precum peștii din ordinul *Amphioxiformes*
Subîncrengătură	Vertebrate	Principala subîncrengătură a cordatelor, ai cărei membri au o coloană vertebrală segmentată și un cap. Marea majoritate a speciilor foarte vechi se reproduc prin fertilizarea externă a ovulelor. Multe vertebrate relativ recente sunt animale sociale ce trăiesc în familii sau în grupuri de familii colaborând uneori pentru beneficii reciproce, de exemplu în timpul migrării într-un habitat cu resurse mai bune. Manifestă învățare socială a cărei amploare se corelează cu complexitatea lor.	Pești, amfibieni, reptile, păsări și mamifere.
Clasă	*Mammalia* (Mamifere)	Vertebrate care respiră aer, au patru membre și își hrănesc puii cu lapte produs de glandele mamare. Se reproduc prin fecundare internă a ovulelor și – cu excepția celor mai vechi specii existente, monotremele, care depun de regulă două ouă de tip reptilian – nasc pui vii. Au sânge cald și sunt capabile să mențină temperatura corpului relativ constantă, indiferent de condițiile mediului înconjurător. Diversitatea dinților specializați le permite să fragmenteze hrana în bucăți mici. Cele mai multe specii trăiesc în grupuri sociale.	Monotreme precum ornitorincul, marsupiale precum cangurul și placentare precum cele mai multe mamifere.
Subclasă	*Eutheria* (Mamifere placentare)	Reprezintă aproximativ 94% din mamiferele actuale și își concep puii în interiorul aparatului reproducător al mamei, care-i hrănește prin intermediul unei placente de care fetusul e legat printr-un cordon ombilical. Acest lucru le permite să dea naștere unor pui relativ bine dezvoltați, ceea ce duce la o creștere a ratei de supraviețuire a ovulelor fertilizate comparativ cu cea întâlnită la non-mamifere.	De la cârtițe la om.

Clasificare	Nume	Caracteristici citologice, genomice, morfologice și comportamentale	Exemple
Ordin	Primate	Se diferențiază de celelalte mamifere placentare prin faptul că posedă un creier mai mare și mai complex (mai ales în privința centrilor vederii, memoriei și învățării), căi senzoriale complexe către creier și o vedere stereoscopică asigurată de poziționarea ochilor. Mâinile și picioarele cu câte cinci degete prehensile prevăzute mai curând cu unghii decât cu gheare le permit multora dintre ele să trăiască în copaci. Cele mai multe specii dau naștere de obicei unui singur pui și sunt animale sociale ce trăiesc în familii extinse sau trupe, manifestând un grad mai crescut de învățare socială decât celelalte mamifere.	Lemurienii, loriși, tarsieri, maimuțe, maimuțe antropoide și oameni.
Suprafamilie	*Hominoidea* (Hominoide)	Primate cu un creier mai mare și mai complex, cu o față mai plată și un nas mai mic. Se bazează mai mult pe sensibilitatea vizuală decât pe cea olfactivă. Sunt lipsite de coadă și adoptă o poziție verticală când stau pe loc.	Giboni, marile maimuțe antropoide și oamenii.
Familie	*Hominidae* (Hominide)	Hominoizi de talie mare cu creier mai mare și mai complex, care manifestă un comportament inteligent, precum folosirea unor unelte foarte simple.	Marile maimuțe antropoide – urangutani, gorile, cimpanzei, bonobo –, oamenii, strămoșii lor și linii de descendență dispărute care, se presupune, împărtășesc un strămoș comun.*
Trib	*Hominini* (Hominine)	Hominide care au mers biped.	Oamenii moderni și strămoșii lor plus genuri dispărute care, se presupune, au avut un strămoș comun, precum *Australopithecus* și *Ardipithecus*.*
Gen	*Homo* [om]	Hominine lipsite de blană, care posedă un creier semnificativ mai mare și mai complex decât alte hominine și fabrică unelte.	Oamenii moderni și strămoșii lor, plus specii dispărute care, se presupune, au avut un strămoș comun, precum *Homo habilis*, *Homo erectus* și *Homo neanderthalensis*.

Clasificare	Nume	Caracteristici citologice, genomice, morfologice şi comportamentale	Exemple
Specie	*Homo sapiens* [Omul modern]	Oameni care posedă reţele neuronale foarte complexe şi un creier dominat de un neocortex mare. Folosesc tehnologii sofisticate şi medicina şi comunică prin viu grai, prin scris şi prin mijloace electronice. Învaţă prin instruire intensă şi se angajează în multe activităţi creative neasociate cu supravieţuirea: arte visuale, ştiinţă, muzică, literatură şi filosofie. Trăiesc în grupuri sociale sofisticate ce depăşesc legăturile de rudenie şi practică atât altruismul şi cooperarea, cât şi competiţia intergrupală şi agresivitatea. Este singura specie care şi-a extins habitatul la întreaga biosferă.	Oamenii moderni
Subspecie	Rasă	Indivizi resultaţi din încrucişarea din interiorul speciei care diferă prin trăsături fenotipice minore sau prin caractere visibile, precum culoarea pielii.	Tipurile african, caucasian şi mongoloid sau folosite ca principale subspecii, dar aceste diferenţe sunt dincolo în ce mai greu de observat.

*Relaţiile ancestrale sunt neclare, iar clasificările, în special în cazul cimpanzeilor şi al fiinţelor umane arhaice, sunt controversate. Opiniile se schimbă odată cu descoperirea şi interpretarea unor noi fosile şi odată cu progresul şi interpretarea analizelor genomice. Voi aborda aceste probleme în detaliu în partea a treia, mai ales problema existenţei unei diferenţieri calitative sau cantitative între oamenii moderni şi ceilalţi.

CAPITOLUL 21
Cauzele evoluţiei biologice: explicaţia ortodoxă actuală

Cred că „Natura cu colţi şi gheare-nsângerate“ rezumă admirabil înţelegerea modernă a selecţiei naturale.

Richard Dawkins, 1976

Înainte de a examina măsura în care neodarwinismul ortodox actual explică originea tiparului evoluţiei biologice, trebuie să înţelegem bine ce înseamnă evoluţie biologică. Pentru a deosebi acest proces ireversibil de modificările adaptative reversibile (vezi paginile 374-375), voi folosi următoarea definiţie:

evoluţie biologică Un proces de modificare a organismelor ce are ca rezultat noi specii.

Majoritatea biologilor evoluţionişti de astăzi confundă sau chiar pun semnul egalităţii între evoluţie şi selecţia naturală, dar sintagma „selecţie naturală“ e o afirmare a evidenţei şi nu explică nimic: organismele care supravieţuiesc şi se reproduc sunt cele care au fost selectate să supravieţuiască şi să se reproducă. La fel şi în cazul supravieţuirii celui mai adaptat: cei care supravieţuiesc sunt şi cei mai adaptaţi să supravieţuiască. Aceste sintagme au sens numai dacă ne spun de ce are loc evoluţia biologică (cauza) sau cum are loc (prin ce mecanisme).

Mulţi neodarwinişti spun că selecţia naturală determină evoluţia biologică. De exemplu, Luis Barreiro şi colegii săi de la Institutul Pasteur din Paris au publicat în 2008, în Nature Genetics, o lucrare intitulată „Natural Selection Has Driven Population Differentiations în Modern Humans"[1] [Selecţia naturală a determinat diferenţierea populaţiilor la oamenii moderni], în timp ce ediţia din 2014 a *Encyclopedia Britannica Online* afirmă că „Selecţia naturală moderează efectele dezorganizate ale acestor procese deoarece creşte frecvenţa mutaţiilor benefice de la o generaţie la alta şi le elimină pe cele dăunătoare".[2] Articolul dedicat lui Ernst Mayr din *Gale Encyclopedia* e explicit: „Neodarwinismul pune accentul pe selecţia naturală a diferenţelor genetice din cadrul populaţiilor drept cauză fundamentală a evoluţiei"[3].

Pg.401

Verbe precum „a determina", „a modera“, „a creşte“, „a elimina" şi „a selecta“ implică în mod evident cauzalitate, în timp ce verbul „a selecta" implică şi scop. Descrierea de mai sus a selecţiei naturale respectă înţelesul pe care Darwin îl dădea acestei sintagme, pe care a folosit-o „pentru a sublinia legătura sa cu puterea de selecţie a omului". În plus, este „o forţă permanent gata de acţiune şi infinit superioară slabelor eforturi umane“[167].

Cât priveşte selecţia artificială, un crescător de porumbei, de pildă, produce un porumbel alb dintr-un grup de porumbei ce au culori diferite. Crescătorul uman este cauza acestui efect, adică porumbelul

alb. Mecanismul său - felul cum produce efectul - este selectarea intenţionată a specimenelor deschise la culoare, pe care le încrucişează numai între ele timp de mai multe generaţii.

Cum ar putea produce selecţia naturală un efect asemănător, dacă nu „infinit superior“? Care este mecanismul?

Majoritatea neodarwiniştilor contemporani neagă faptul că natura ar avea vreun scop sau vreo intenţie, şi astfel, pentru a fi coerenţi din punct de vedere logic, nu pot spune nici că natura cauzează sau selectează.

De regulă, aceştia se apără spunând că folosesc un limbaj metaforic. Dar la ce se referă metafora?

Dacă susţin că este metaforic în felul în care fizicienii spun că gravitaţia face ca o bilă de oţel aruncată de pe balcon să cadă pe pământ, atunci se ridică o întrebare. Aproximând cât se poate de bine lucrurile, bila de oţel se supune legii newtoniene a gravitaţiei. Este vorba despre o lege naturală, adică despre un enunţ general şi succint, care poate fi testat prin observaţie sau experiment şi pentru care nu au fost descoperite rezultate contrare repetabile, conform căruia o gamă de fenomene naturale se comportă invariabil la fel în anumite limite specificate[168]. Întrebarea care apare aici este: ce fel de lege naturală poate fi invocată în cazul fenomenelor biologice? Nu poate fi vorba de aşa-numitul „principiu adaptativ“ - cel puţin cât priveşte modelul genetic al neodarwinismului -, deoarece, aşa cum vom vedea mai târziu, de-a lungul unor perioade mari de timp pot apărea modificări genetice semnificative fără să se producă modificări fenotipice importante, în ciuda modificărilor mediului înconjurător.

PARADIGMA ACTUALĂ

În capitolul 16 am arătat felul în care ideile ştiinţifice legate de evoluţia biologică au produs cele şase principii ale modelului neodarwinist şi ale biologiei moleculare ce definesc paradigma actuală[169]:

1. Speciile actuale sunt descendentele altor specii, care au trăit în trecut.
2. Noi forme de viaţă apar prin ramificarea unei singure linii de descendenţă în două, proces cunoscut sub numele de speciaţie, prin care membrii unei linii se izolează reproductiv de membrii celeilalte linii. Această separare continuă conduce la o genealogie ramificată a speciei, la un „arbore al vieţii“ ale cărui rădăcini sunt prima specie apărută şi ale cărui ramuri vii sunt speciile actuale. Dacă parcurgem înapoi linia genealogică a mai multor specii moderne, ramurile acestora se vor întâlni într-un punct considerat strămoş comun.

3. O astfel de evoluţie a noilor specii se petrece prin transformarea genetică graduală a indivizilor unei specii de-a lungul a mii de generaţii.

4. Această transformare rezultă din mutaţiile genetice aleatorii suferite de indivizi, din amestecul de gene provenite de la fiecare părinte, fiecare descendent având astfel o combinaţie de gene diferită de cea a fiecăruia din părinţi şi din răspândirea ulterioară a acestor mutaţii genetice de-a lungul generaţiilor succesive în întregul fond genetic comun.

5. Acele mutaţii sau variaţii genetice aleatorii responsabile de caracteristicile ce permit indivizilor dintr-o populaţie să concureze cu succes pentru resurse într-un mediu înconjurător dat (şi astfel să supravieţuiască mai mult timp şi să producă mai mulţi descendenţi) sunt favorizate de selecţia naturală prin faptul că sunt moştenite în număr mai mare, în timp ce acei membri ai populaţiei cărora le lipsesc respectivele mutaţii fie sunt ucişi, fie mor de foame, fie dispar după câteva generaţii.

6. Într-o celulă, informaţia circulă unidirecţional de la genă la proteină.

Conform acestor principii, cauzele evoluţiei biologice sunt mutaţiile genetice aleatorii atribuite de obicei greşelilor de copiere din procesul de replicare a ADN-ului pentru producerea gameţilor (ovule sau spermatozoizi), competiţiei dintre membrii unei populaţii pentru resurse limitate ce le permit competitorilor învingători să trăiască mai mult şi să producă mai mulţi urmaşi posesori ai noii moşteniri genetice şi reproducerii sexuate ce răspândeşte aceste mutaţii în fondul genetic comun al populaţiei de-a lungul a zeci sau sute de mii de generaţii, până când membrii populaţiei respective nu mai sunt capabili să se împerecheze cu succes cu membrii populaţiei iniţiale.

În realitate, mutaţiile genetice sunt produse mai curând de radiaţii şi agenţi chimici plus reparări celulare inadecvate ale ADN-ului afectat decât de erori de copiere, erori pe care procesele de reparare celulară de regulă le corectează. Rata mutaţiilor spontane este în general scăzută, aproximativ 1 din 10^{-8} până la 10^{-9}, în timp ce mutaţiile aleatorii au o probabilitate şi mai scăzută să se producă la nivelul gameţilor.[4]

Pg.403

În cazul în care putem spune că selecţia naturală este mai mult decât afirmarea unei evidenţe, atunci ea este cel mult o înregistrare pasivă a efectelor cauzate de alte lucruri.

selecţie naturală Efectul cumulativ al unor variaţii mici şi aleatorii moştenite de-a lungul mai multor generaţii, care le permite organismelor să supravieţuiască mai mult timp într-un

mediu înconjurător dat şi să se reproducă în mai mare măsură decât organismele ce nu posedă aceste variaţii; rezultă o creştere a numărului indivizilor mai bine adaptaţi la mediul respectiv şi eliminarea indivizilor neadaptaţi.

Potrivit darwinismului, variaţiile favorabile sunt acele trăsături observabile (fenotipice) ale organismelor individuale care le asigură posibilitatea de a concura mai eficient pentru resurse limitate şi astfel de a se adapta mai bine la o nişă a mediului înconjurător. Conform neodarwinismului, variaţiile favorabile sunt mutaţii genetice din fondul genetic al populaţiei unei specii.

În 2006, Jerry Coyne, care a formulat primele cinci principii ale neodarwinismului modern, declara că:

> O teorie ştiinţifică bună lămureşte o mulţime de date care nu aveau o explicaţie. În plus, o teorie ştiinţifică trebuie să facă predicţii testabile şi să poată fi falsificată [...]. Toate informaţiile pe care le-am cules despre natură sunt consonante cu teoria evoluţiei şi nu există nici cea mai mică dovadă care să o contrazică. *Neodarwinismul, asemenea teoriei legăturilor chimice, a avansat de la teorie la fapte* [sublinierea îmi aparţine].[5]

De notat că Jerry Coyne echivalează teoria evoluţionistă cu neodarwinismul. Dacă are dreptate, atunci neodarwinismul ar trebui să explice toate dovezile, să facă predicţii testabile şi să poată fi falsificat. Dar oare aşa stau lucrurile?

CE NU POATE EXPLICA ORTODOXIA NEODARWINISTĂ

Dovezile discutate în cele patru capitole anterioare ne arată câteva tipare pe care neodarwinismul nu le explică şi multe altele care îl falsifică.

Staza şi speciaţia bruscă

În opoziţie cu gradualismul esenţial al neodarwinismului, capitolul 17 conchide că:

Pg.404

> Tiparul normal al dovezilor fosile în cazul animalelor este acela de stază morfologică, cu modificări minore şi adesea oscilante, urmată de o apariţie bruscă din punct de vedere geologic (de-a lungul a zeci de mii de ani) a unor specii noi care, la rândul lor, rămân în esenţă neschimbate vreme de câteva zeci sau chiar sute de milioane de ani, până când dispar din registrul fosil sau, mai rar, dăinuie până astăzi.[170]

Ernst Mayr, unul dintre arhitecţii modelului neodarwinist, admitea în 2001 că „paralizarea completă sau staza unei linii de descendenţă evolutivă timp de zeci sau chiar sute de milioane de ani e foarte derutantă"[6].

Geologul Peter G. Williamson, de la Universitatea Harvard, o spune şi mai răspicat:

> O teorie e la fel de bună precum predicţiile sale, iar neodarwinismul convenţional, care pretinde că explică procesul evolutiv, nu a reuşit să prezică staza morfologică pe termen lung şi generalizată, recunoscută acum drept unul dintre cele mai izbitoare aspecte ale registrului fosil.[7]

Modelul gradualist neodarwinist e contrazis şi de speciaţia foarte rapidă din punct de vedere geologic.

Speciaţia

Aşa cum arată toate dovezile discutate în capitolul 18, nu există nici un studiu axat pe speciile actuale care să demonstreze evoluţia unor specii noi în conformitate cu mecanismul neodarwinist.

Speciaţia imediată: poliploidia

Modelul neodarwinist consideră că specia reprezintă o ramură din arborele evolutiv care s-a separat dintr-o altă ramură şi ai cărei membri nu pot să se împerecheze cu succes cu membrii celeilalte ramuri. Singurul exemplu neechivoc al unei astfel de speciaţii, petrecută fie pe cale artificială, fie în stare naturală, este poliploidizarea la plante şi la unele specii de peşti, amfibieni, reptile şi

chiar mamifere. Această creştere a numărului normal de cromozomi celulari produce o specie nouă imediat, şi nu gradual, în decursul a mii de generaţii, contrazicând astfel mecanismul neodarwinist. Fenomenul este probabil mai larg răspândit decât se presupune astăzi171.[ii]

Reproducerea asexuată

Marea majoritate a speciilor de pe planetă nu se reproduc sexuat, transmiţând mutaţii genetice în mod vertical, de la părinţi la urmaşi. Cele mai multe specii din această categorie sunt organisme unicelulare - procariote (bacterii şi arhee) şi eucariote unicelulare - care se multiplică prin autoclonare.172

Transferul orizontal de gene

Multe procariote suferă un transfer orizontal de gene pe care le obţin fie din mediul înconjurător, fie prin intermediul unor agenţi precum viruşii, fie prin contact direct cu alte organisme173.

Coyne şi colaboratorul său, H. Allen Orr, susţin că acest transfer de gene este în esenţă la fel cu schimbul şi transmiterea de gene prin reproducere sexuată. Totuşi, în cazul din urmă, transmiterea este verticală, de la părinţi la copii. Transferul orizontal de gene nu are loc numai între membrii aceleiaşi specii, ci şi între specii foarte diferite.

Transferul orizontal de gene îi poate conferi imediat celui care le primeşte funcţii suplimentare cu o valoare negativă, neutră sau pozitivă din punctul de vedere al supravieţuirii, ceea ce a jucat un rol major în evoluţia bacteriilor şi a arheelor, după cum se consideră în prezent.

În plus, dacă unele organite din celulele eucariote provin din încorporarea unor bacterii ancestrale iniţial independente, urmată de transferul orizontal de gene către genomul nuclear, cum cred astăzi majoritatea biologilor evoluţionişti, acest transfer orizontal a jucat de asemenea un rol major în evoluţia eucariotelor.

În timp ce aproximativ 81 ± 15% din genomurile procariotelor au rezultat din transferul orizontal de gene174, numărul mai mic de genomuri eucariote secvenţiate îngreunează estimarea corectă a contribuţiei transferului orizontal de gene la eucariotele de astăzi. Totuşi, un studiu din 2007 axat pe o bacterie ce trăieşte în interiorul insectelor şi al viermilor plaţi a evidenţiat un transfer semnificativ de gene în genomul gazdei.[8] Alte studii au arătat că fungii şi plantele preiau gene de la bacterii şi eucariote. În plus, procesul de hibridizare a plantelor şi animalelor presupune un masiv transfer orizontal de gene.[9]

Toate aceste exemple demonstrează că nu numai procariotele, ci şi

eucariotele pluricelulare dobândesc gene care le pot influenţa supravieţuirea şi evoluţia în alte feluri decât cele presupuse de modelul ortodox neodarwinist al transmiterii verticale a mutaţiilor aleatorii de-a lungul mai multor generaţii.

Pg.406

Embriologia şi dezvoltarea organismelor

Modelul ortodox nu explică din ce cauză o singură celulă, formată din unirea unui spermatozoid cu un ovul, se divide pentru a genera grupuri de celule cu genom identic, care apoi se diferenţiază în celule cu funcţii specializate ce alcătuiesc un embrion, care ulterior se dezvoltă, în cazul omului, într-un organism independent ce cântăreşte între 75 şi 85 kg în cazul unui mascul adult şi între 55 şi 65 kg în cel al unei femele adulte, cu două picioare pentru deplasare bipedă, două mâini şi un cap conţinând cel mai complex lucru cunoscut în univers: creierul uman.

Descoperirea genelor aflate la baza procesului de dezvoltare, cum este familia de gene Hox, care determină dezvoltarea părţilor corpului oricărui animal cu simetrie bilaterală studiat până în prezent, nu explică acest fenomen. Aceste gene, care pun în mişcare exprimarea genetică, sunt foarte asemănătoare la musculiţa de oţet, viermi, peşti, broaşte şi mamifere. Modelul ortodox nu explică ce anume face ca aceste gene să fie activate sau cum reuşesc ele să producă indivizi atât de diferiţi precum musculiţele de oţet, viermii, peştii, broaştele şi mamiferele.

Genotipuri şi fenotipuri

Modelul ortodox nu explică nici măcar următorul fenomen înrudit: unele specii cu gene foarte asemănătoare au fenotipuri foarte diferite. De exemplu, omul împărtăşeşte aproximativ 94% din genele sale cu cimpanzeul, 90% cu şoarecele şi chiar 85% cu peştele-zebră, lung de 4-6 cm[175], în timp ce unele specii de musculiţă de oţet sunt foarte diferite genetic, dar foarte asemănătoare morfologic.

ADN-ul „deşeu“

Aşa cum am spus la sfârşitul capitolului 16, timp de 50 de ani neodarwiniştii, mereu centraţi pe gene, au considerat că segmentul din genomul uman care nu e alcătuit din gene (adică 98%) reprezintă de fapt un „deşeu“, deoarece nu poate fi integrat în modelul lor. Este într-adevăr o dovadă de aroganţă din partea lor, deoarece acum ştim că aproximativ 80% din acest ADN manifestă semne de activitate funcţională; cele mai multe dintre ele par să fie implicate în reţele regulatoare interconectate[176].

Mulţi adepţi ai modelului ortodox actual afirmă că regiunile ADN-ului neimplicate în codificarea proteinelor sunt tot ADN, fiind astfel supuse mutaţiilor şi selecţiei naturale, asemenea regiunilor care codifică proteine. Totuşi, în 2007, Michael Lynch, profesor de biologie la Universitatea din Indiana, a evaluat reţelele genetice şi a ajuns la concluzia că, în pofida perspectivei actuale, nu există dovezi empirice sau teoretice convingătoare că trăsăturile căilor genetice ar fi încurajate de selecţia naturală.[10]

Pg.407

Moştenirea caracteristicilor dobândite

În capitolul 16 am mai spus că o consecinţă a adoptării de către biologi a modelului neodarwinist a fost respingerea altor cauze ale evoluţiei, inclusiv moştenirea caracteristicilor dobândite, propusă de Lamarck, pe care Darwin o acceptase.

Totuşi, mai ales odată cu secvenţierea întregului genom, demarată la finele secolului XX, au început să se înmulţească dovezile în sprijinul acestui fenomen. De exemplu, în 2005, Matthew Anway, de la Universitatea de Stat din Washington, şi colegii săi au arătat că dacă femelele şobolan gravide erau expuse la vinclozolin, un fungicid folosit în culturile de cereale, puii lor de sex masculin manifestau o infertilitate crescută. Această trăsătură a fost transmisă pe linia germinativă masculină la aproape toţi masculii din următoarele generaţii examinate, fără să fie însă vorba de o modificare genetică.[11]

Pentru toate tipurile de animale, inclusiv pentru om, a devenit din ce în ce mai evident că factorii de mediu, precum dieta sau stresul, pot produce trăsături care sunt transmise urmaşilor fără nici o modificare la nivel genetic.

Geneticienii teoreticieni Eva Jablonka şi Gal Raz, de la Universitatea din Tel Aviv, au adunat exemple de moştenire nongenetică a caracteristicilor dobândite; 12 la bacterii, 8 la protiste, 19 la ciuperci, 38 la plante şi 27 la animale. Acestea sunt adesea mai instabile decât caracteristicile asociate cu variaţiile genetice, dar, după cum susţin Jablonka şi Raz, exemplele prezentate reprezintă o fracţiune foarte mică din moştenirile nongenetice care probabil că există.[12]

Cred că specialistul în embriologie moleculară Marilyn Monk, de la Institutul pentru Sănătatea Copilului al UCL, are dreptate să spună că astfel de modificări moştenite, care, după cum s-a demonstrat, sunt induse de factori de mediu, pun în discuţie nu numai cel de-al şaselea principiu al paradigmei curente, „dogma centrală" potrivit căreia informaţia este un flux unidirecţional ce merge de la genă la proteina din celulă, dar şi principiile al patrulea şi al cincilea, care susţin că singurul mecanism al evoluţiei biologice este selecţia naturală a

mutaţiilor genetice generate aleatoriu.

Colaborarea

O altă consecinţă a adoptării modelului neodarwinian, menţionată în capitolul 16, a fost ignorarea colaborării drept cauză a evoluţiei. Totuşi, examinarea comportamentului din capitolul 19 a dus la următoarea concluzie:

Pg.408

> Colaborarea joacă un rol mai important decât competiţia în supravieţuire şi propagarea vieţii, mergând de la gene, organisme unicelulare, organitele din celulele eucariote, celulele eucariote din organismele pluricelulare până la comportamentul plantelor şi animalelor, de la insecte la primate.

După cum spunea în 2011 Stuart West, biolog evoluţionist de la Universitatea Oxford: „Explicarea paradoxului aparent al cooperării este una dintre problemele centrale ale biologiei, deoarece aproape toate tranziţiile evolutive majore de la replicarea moleculelor la societăţile animale complexe s-au sprijinit pe rezolvarea acestei probleme"[13].

Aceasta a fost o problemă centrală a biologiei încă din perioada în care majoritatea biologilor au adoptat modelul neodarwinist, deoarece singurul comportament ce se potriveşte cu acest model este competiţia. Încercările de a explica altruismul şi colaborarea în concordanţă cu axiomele neodarwiniste au dat naştere unei noi subdiscipline: sociobiologia. Într-un capitol viitor, voi discuta aceste încercări cu titlul de ipoteze complementare modelului neodarwinist.

Complexificarea progresivă

O altă concluzie importantă a capitolului 17 e aceea că tiparul general al registrului fosil se desfăşoară în timp de la simplu la mai complex; dovezile de care dispunem în privinţa animalelor arată că această complexitate creşte de-a lungul fiecărei filiaţii, fapt în mod clar valabil în cazul filiaţiei ce conduce la om. Dovezile din capitolul 18 arată că speciile existente formează un tipar de complexitate progresivă de la bacterii la om. Studiile asupra comportamentului discutate în capitolul 19 demonstrează că, pe măsură ce complexitatea speciilor creşte de la peşti la primate, învăţarea socială creşte la rândul său pentru a completa comportamentul instinctiv; acest fenomen se corelează de asemenea cu creşterea complexităţii creierului însoţită de creşterea inteligenţei, atestată prin găsirea unor soluţii mai ingenioase pentru rezolvarea problemelor.

Deşi Darwin a conchis că aşa cum „selecţia naturală lucrează numai prin şi pentru binele fiecărei vieţuitoare, toate însuşirile corporale şi mintale vor tinde să progreseze spre perfecţiune"[14], cei

mai mulţi biologi evoluţionişti de astăzi neagă orice tipar al dovezilor ce ar presupune progres.

În cuvintele lui Francis Heylighen, cibernetician şi teoretician al complexităţii,

Pg.409

> asemenea lui Maynard Smith şi lui Szathmary, în cercetarea tranziţiilor majore din cadrul evoluţiei, [biologii evoluţionişti] s-au simţit nevoiţi să susţină de formă actuala ideologie [relativistă] remarcând „nejustificarea“ credinţei că există un progres sau o creştere a complexităţii, pentru ca apoi să descrie în detaliu tocmai exemple ale unei astfel de creşteri.[15]

Înainte de a examina obiecţiile la tiparul creşterii complexităţii, voi încerca să reduc confuziile provocate de sensurile diferite ale aceluiaşi cuvânt. Complexitatea este definită diferit de teoreticienii sistemelor, de cei ai automatelor, de cei ai informaţiei, de cei ai complexităţii, de ciberneticieni, de biologi evoluţionişti, de specialiştii în genomică, de etologi şi de alţii; aceştia se centrează pe aspectele cantitative, calitative, structurale (subsisteme cuprinse în suprasisteme) sau funcţionale (niveluri de procesare sau de control al informaţiei) ale complexităţii. Nu e surprinzător deci că rezultatele lor sunt diferite.

Voi face un pas înapoi şi voi adopta o perspectivă mai generală, folosind o definiţie abstractă cu care sper să fie de acord cei mai mulţi specialişti.

complex Un întreg compus din părţi distincte interconectate.

complexitate Starea de a fi complex.

complexificare Procesul prin care un lucru devine mai complex.

Din această definiţie rezultă că fiecare parte este în mod necesar mai simplă decât întregul alcătuit din diferite astfel de părţi. Aproape toate lucrurile fizice din univers sunt complexe şi formează ierarhii ale unei complexităţi tot mai crescute, de la particulele subatomice, atomi, molecule, organisme uni- celulare şi organisme pluricelulare până la societăţi de organisme. Mai mult decât atât, se acceptă în general ideea că, în istoria universului, componentele mai simple au apărut înaintea sistemelor mai complexe şi compuse. E logic: în mod normal nu poţi să construieşti un sistem de ordin superior, cum ar fi o moleculă, din părţile sale constitutive, în acest caz din atomi, fără existenţa prealabilă a părţilor constitutive. Astfel, evoluţia conduce către sisteme tot mai complexe, adăugând treptat ierarhiei tot mai multe niveluri. Ce anume cauzează acest fenomen evolutiv este o altă problemă. Diferite tranziţii evolutive pot avea cauze diferite, motiv pentru care cred că este potrivit să facem diferenţa între fenomen şi cauza sa atunci când reconstituim evoluţia.

Dacă examinăm fenomenul creşterii complexităţii folosind metodele ştiinţei, atunci este util să-l măsurăm. Cred că cea mai bună estimare o oferă numărul de părţi înmulţit cu numărul de conexiuni dintre ele. Totuşi, în cazul fiinţelor vii nu dispunem de toate datele.

Pg.410

Biologul evoluţionist James Valentine şi colegii săi de la Universitatea din California, Berkeley, au folosit numărul tipurilor de celule nu „pentru a măsura complexitatea în sine, ci [...] doar pentru a genera un indice al complexităţii [morfologice]", recunoscând că „obişnuim indiscutabil să grupăm o multitudine de celule care sunt diferite din punct de vedere biochimic şi, fără îndoială, funcţional". Acest indice omite de asemenea conexiunile dintre celulele de acelaşi tip şi de tipuri diferite şi lucruri precum complexitatea comportamentului. Cu toate astea, folosind doar această măsură a complexităţii morfologice şi raportând-o la prima ocurenţă în registrul fosil a unei plaje largi de taxoni ai animalelor, Valentine a descoperit o progresie a complexităţii celor mai primitive familii din fiecare taxon, de la porifere (spongieri) până la cele mai recente tipuri de organisme, hominizii, chiar şi atunci când a grupat diferiţii neuroni drept un singur tip de celulă.[16]

Totuşi, după cum observa John Tyler Bonner, biolog evoluţionist de la Princeton, „biologii au un punct orb destul de interesant. Deşi admitem fără întârziere că primele organisme au fost asemănătoare bacteriilor şi că cele mai complexe dintre toate organismele sunt cele ale propriei noastre specii, se crede că nu ar trebui să interpretăm acest fapt drept un semn de progres"[17].

Aceste obiecţii se referă atât la fenomenul progresiei - tiparul creşterii complexităţii în evoluţia biologică -, cât şi la efectul său, progresul - progresia are ca rezultat îmbunătăţirea.

Deşi se suprapun, argumentele împotriva complexificării pot fi grupate în nouă categorii, enumerate mai jos şi însoţite de câte un răspuns.

a. *Evoluţia biologică este cauzată de selecţia naturală ce acţionează prin intermediul unor mutaţii genetice aleatorii, motiv pentru care nu poate exista un tipar de creştere a complexităţii.*

Deducţia la care se ajunge nu rezultă în mod logic din premise. Nu există motive pentru ca selecţia naturală ce acţionează prin intermediul unor mutaţii aleatorii să nu conducă la creşterea complexităţii (dacă selecţia naturală produce sau nu evoluţie biologică este o altă problemă, discutată într-o secţiune anterioară a acestui capitol).

b. *Evoluţia biologică este consecinţa unor rezultate contingente produse de evenimente fortuite; nu există un tipar al*

progresiei evolutive.

Paleontologul Stephen Jay Gould a propus acest argument după ce a afirmat că selecţia naturală este „un principiu de adaptare locală, nu un progres general"[18]. Aceste cuvinte au urmat afirmaţiei sale des repetate potrivit căreia, dacă filmul vieţii ar fi reluat, ar produce întotdeauna alte rezultate. Astfel, „oamenii au apărut [...] ca un rezultat fortuit şi accidental a mii de evenimente înlănţuite, iar fiecare ar fi putut să se producă în alte feluri orientând istoria pe o cale ce nu ar fi condus la conştiinţă".

Pg.411

Această obiecţie la existenţa unui tipar de creştere a complexităţii este asemănătoare cu cea precedentă, înlocuind în esenţă mutaţiile aleatorii cu evenimentele fortuite. Suferă de aceeaşi eroare.

Gould încearcă să-şi susţină argumentul citând cu titlul de dovezi patru dintre nenumăratele evenimente fortuite şi rezultatele accidentale. De exemplu, „dacă o mică linie descendentă de primate nu ar fi dezvoltat mersul biped în savana africană secetoasă, în urmă cu două până la patru milioane de ani, atunci strămoşii noştri ar fi ajuns să facă parte din aceeaşi linie cu maimuţe antropoide care, asemenea cimpanzeilor şi gorilelor de azi, ar fi devenit marginale din punct de vedere ecologic şi probabil sortite dispariţiei".

Dar mediul înconjurător s-a schimbat şi mersul biped a apărut. A spune că mersul biped ar fi putut să nu apară pentru că mediul înconjurător ar fi putut să nu se modifice înseamnă a ignora dovezile şi a te scufunda în speculaţii: ai putea tot atât de bine specula că Pământul ar fi putut să nu fie niciodată format din materia care înconjura Soarele după formarea acestuia. În acest sens, totul este accidental şi consecinţă a unor evenimente fortuite ce s-au petrecut încă de la apariţia cosmosului. A susţine că oricare eveniment ar fi putut să se petreacă diferit ne conduce la ideea de multivers, care este netestabilă: e vorba mai curând de speculaţie filozofică decât de ştiinţă.

c. Tiparul dovezilor nu este unul de complexificare, ci unul de echilibru punctat.

Această obiecţie amplifică ipoteza echilibrului punctat al lui Eldredge şi Gould. În opinia lui Gould, tiparul presupune trei miliarde de ani de organisme unicelulare urmate de cele cinci milioane de ani de explozie cambriană caracterizată prin înflorire filetică, în timp ce „istoria ulterioară a speciilor de animale nu reprezintă decât variaţii pe teme anatomice stabilite

în timpul exploziei cambriene“[19].

Sunt de părere că această perspectivă simplifică excesiv de mult tiparul. Afirmaţia că ultimele 540 de milioane de ani nu sunt altceva decât variaţii pe teme anatomice stabilite în perioada celor cinci milioane de ani ai exploziei cambriene contrazice ceea ce spune tot Gould în acelaşi articol: „Nimeni nu se poate îndoi că treptat, după formarea procariotelor, au început să apară creaturi tot mai complexe: mai întâi celule eucariote probabil în urmă cu două miliarde de ani, apoi animalele pluricelulare în urmă cu aproape 600 de milioane de ani, cu o manifestare a celei mai înalte complexităţi la animale ce au trecut de la nevertebrate la vertebratele marine şi, în cele din urmă, la reptile, mamifere şi om“.

În plus, echivalează complexitatea cu complexitatea anatomică şi ignoră tipurile diferite de complexitate specifică genomicii, dezvoltării, comportamentului, reţelelor neuronale, comunicării şi sistemelor cognitive care au evoluat în timpul istoriei vieţii. Tabelul 17.3 arată nu numai aceste creşteri ale complexităţii, ci şi faptul că, în cadrul filiaţiei ce conduce la specia umană, ritmul complexificării creşte.

d. Evoluţia biologică nu evidenţiază o creştere globală a complexităţii.

Această obiecţie acceptă că evoluţia biologică a dus la apariţia unor specii mai complexe, dar susţine, după cum spune Gould, că există „o constanţă a complexităţii modale de-a lungul istoriei vieţii“[20].

Simplu spus, având în vedere că cele mai numeroase organisme, procariotele, sunt şi cele mai simple, în cazul în care calculăm complexitatea medie a fiecărei specii vii de pe Pământ în orice moment dat, numărul extrem de mare de procariote l-ar depăşi cu mult pe cel al organismelor mai complexe şi astfel ar reduce aproape la zero contribuţia lor la complexitatea globală.

Deşi este corect din punct de vedere statistic, acest argument se dovedeşte înşelător. Aşa cum există mult mai multe procariote decât animale, tot aşa există mult mai multe molecule decât procariote, mult mai mulţi atomi decât molecule şi mult mai multe particule fundamentale decât atomi. În oricare punct din istoria universului există o „constanţă a complexităţii modale“ statistică, reprezentată de particulele elementare. Ceea ce nu înseamnă că universul a rămas într-o constanţă a particulelor fundamentale pe tot parcursul istoriei sale şi că nu a progresat către structuri mai complexe.

e. Evoluţia biologică nu manifestă nici un tipar de creştere a complexităţii; unele organisme complexe se transformă prin evoluţie în organisme mai simple.

Acest fenomen e numit evoluţie regresivă, iar exemplul clasic este cel al peştilor cavernicoli. Există specii de peşti ale căror populaţii trăiesc în ape deschise şi totodată în peşteri lipsite de lumină. Ultimii, despre care se presupune că au evoluat din primii, sunt orbi şi sunt lipsiţi de culoare: au devenit mai simpli.
Pg.413

În 2002, când au examinat acest fenomen, biologii evoluţionişti Richard Borowsky şi Horst Wilkens au descoperit că modificările specifice evoluţiei regresive nu sunt diferite de cele specifice evoluţiei constructive: frecvenţa alelelor şi starea caracterelor se modifică în timp. Totuşi, grupurile care trăiesc în peşteri prezintă şi semne de evoluţie constructivă, cum ar fi creşterea capacităţilor senzoriale diferite de vedere sau creşterea eficienţei metabolice, care reprezintă adaptări la noul lor mediu înconjurător.[21] Astfel, deşi au pierdut unele funcţii specifice speciilor parentale ce trăiesc în ape deschise, au câştigat altele. În general, nu au devenit mai simple.

Paraziţii sunt folosiţi la rândul lor ca exemplu de evoluţie regresivă, dar şi în acest caz o examinare mai atentă ne arată că situaţia nu e atât de clară cum se susţine de obicei. Cele mai studiate exemple sunt dicyemidele, mici paraziţi care trăiesc în rinichii cefalopodelor, precum sepia şi caracatiţa. Corpul acestor paraziţi e alcătuit doar din 10 până la 40 de celule, mai puţine decât la oricare alt metazoar (animal), şi are o organizare foarte simplă: nu are nici cavităţi şi nici organe diferenţiate. Potrivit lui Hidetaka Furuya, de la Universitatea din Osaka, probabil autoritatea internaţională în materie de dicyemide, „încă nu este clar dacă dicyemidele sunt organisme pluricelulare primitive sau metazoare degenerate"[22].

Chiar dacă s-ar identifica exemple indubitabile de evoluţie regresivă netă permanentă, acestea nu ar nega tiparul general al complexi- ficării biologice.

f. Tiparul implică progres, ceea ce introduce o judecată de valoare, ce nu îşi are locul în ştiinţă, deoarece ştiinţa e preocupată de colectarea obiectivă a datelor şi de formularea unor concluzii şi ipoteze logice pornind de la tiparele descoperite.

Progresul, spre deosebire de progresie, presupune într-adevăr o judecată de valoare. Dar nu este corect să spui că judecăţile de valoare nu îşi au locul în ştiinţă. Dimpotrivă, ştiinţa nu ar putea funcţiona fără judecăţi de valoare: ce date să examinezi, cum să

interpretezi datele, ce concluzii să tragi, ce presupuneri ar trebui să faci după ce ajungi la anumite concluzii, cât de provizorii sau cât de solide sunt concluziile, în ce măsură o ipoteză explică datele mai bine decât o altă ipoteză, în ce măsură datele contrazic sau susţin teoria curentă şi aşa mai departe.

g. Orice tipar de creştere a complexităţii, a inteligenţei sau a oricărui alt criteriu stabilit de om care arată că noi suntem cele mai complexe sau cele mai inteligente organisme este antropocentric.

Unul dintre fondatorii neodarwinismului, George Gaylord Simpson, a răspuns succint la această obiecţie: „Încercarea de a respinge din start o astfel de concluzie numai pentru că suntem noi înşine implicaţi este tot atât de antropocentrică şi de lipsită de obiectivitate precum încercarea de a o accepta numai pentru a ne satisface egocentrismul."[23]

Pg.414

Sarcina celui care studiază întreaga evoluţie biologică este aceea de a aplica, atât cât este posibil, aceleaşi criterii (cum ar fi numărul de tipuri de celule) la toate speciile, inclusiv la oameni.

Inutil să mai spunem că identificarea omului drept cea mai complexă specie cunoscută nu presupune automat faptul că noi am fi culmea sau scopul evoluţiei, ci doar că suntem cele mai complexe organisme de până acum.

h. Procesul creşterii complexităţii nu este progresiv: un sistem mai simplu este preferabil unuia complex, ceea ce este o aberaţie.

Biochimistul William Bains a formulat acest argument după ce a recunoscut că trecerea timpului evolutiv este însoţită de apariţia unor elemente care au o mai mare complexitate structurală şi funcţională, dar susţine că „în nici un alt cadru teoretic complexitatea nu este neapărat considerată mai avansată decât simplitatea" şi conchide că „omul este o aberaţie «neevoluată» a unei biosfere mult mai simple şi mai eficiente"[24].

Principala eroare de aici constă în invocarea argumentului general potrivit căruia sistemele mai simple sunt mai eficiente decât cele complexe, fără însă a compara lucruri echivalente. Marea majoritate a bacteriilor şi arheelor pe care le observăm astăzi nu sunt aceleaşi care au existat cu două sau trei miliarde de ani în urmă, când Pământul era foarte diferit de cel de astăzi şi era lipsit de oxigen. Acele procariote au evoluat prin formarea unor noi specii pentru a face faţă noilor provocări ale mediului înconjurător, provocări generate de dezvoltarea unor nişe ecologice pe Pământul aflat în evoluţie, rezultând astfel un număr extrem de mare de astfel de specii. Animalele, pe de altă parte, au evoluat ca specii mai complexe, fiecare dintre ele

capabilă să se acomodeze la numeroasele provocări ale mediului înconjurător.

Una dintre aceste filiaţii a produs cea mai complexă specie pe care o cunoaştem, Homo sapiens, capabilă să supravieţuiască mai mult timp şi în mai multe medii înconjurătoare decât speciile mai puţin complexe. Este singura specie care a transformat întreaga planetă în propriul habitat. Folosindu-şi creierul foarte complex, a fost în stare să inventeze căi de supravieţuire oriunde pe planetă, în orice tip de mediu, la câţiva kilometri sub nivelul mării şi al uscatului şi în spaţiul cosmic. A extins durata de viaţă a membrilor săi prin conceperea şi aplicarea ştiinţei medicale şi a început să-şi modifice propria structură genetică prin terapia genică.

Nici o altă specie animală, cu atât mai puţin speciile de bacterii şi arhee, nu posedă asemenea capacităţi de supravieţuire. Dacă e să ţinem cont de criteriul neodarwinist potrivit căruia membrii unei specii de succes sunt mai bine adaptaţi pentru supravieţuire, avem atunci de-a face cu un progres.

Pg.415

i.Nu există progres în evoluţia biologică.

În 1988, Matthew Nitecki a publicat o carte intitulată, probabil ironic, *Evolutionary Progress* [„Progresul evolutiv“], în care conchide următoarele: „Conceptul de progres a fost eliminat din biologia evoluţionistă pentru că este considerat antropomorfic sau, în cel mai bun caz, pentru că are o utilitate limitată şi ambiguă“[25].

Potrivit unuia dintre autorii care au contribuit la acel volum, Ste- phen Jay Gould, „progresul este o idee nocivă, programată cultural, netestabilă, neoperaţională, refractară, care trebuie înlocuită dacă vrei să înţelegi tiparele istoriei"[26].

Într-un spirit mai puţin polemic, Bains şi-a articulat punctul de vedere într-o altă publicaţie, întrebându-se retoric: „Există oare un motiv a priori pentru a deosebi la nivel calitativ trăsăturile recent achiziţionate ale omului, precum inteligenţa şi talasemia, de cele ale bacteriei E. coli, precum operonul lactozei?“[27]

Răspunsul este da. Inteligenţa umană este o capacitate deţinută în grade diferite de toţi membrii speciei. Este calitativ diferită de talasemie, care e o boală relativ rară la om, rezultată în urma moştenirii unui defect genetic care de obicei se găseşte în stare recesivă la ambii părinţi. Ambele caractere sunt calitativ diferite de operonul lactozei, care reprezintă un sistem genetic regulator pentru metabolismul lactozei de către bacteria E. coli.

A spune că o abilitate generală intră în aceeaşi categorie cu o boală rară sau cu trei gene este o eroare logică.

Bains continuă prin a spune că „importanţa inteligenţei în ceea ce priveşte supravieţuirea ar fi greu de susţinut chiar dacă am putea să decidem ce e inteligenţa".

Mai jos voi discuta în detaliu ce este inteligenţa. Acum e suficient să spun că inteligenţa le-a permis primilor oameni să-şi fabrice unelte mai complexe şi mai eficiente cu care să se apere împotriva prădătorilor mai mari şi mai puternici decât ei şi să aibă mai mult succes în alte activităţi, precum vânătoarea, construirea unor adăposturi pentru a se proteja de elementele ostile, confecţionarea unor haine din piei de animale pentru a se feri de frig, producerea focului pentru a se încălzi, a alunga prădătorii şi a prepara hrana sau plantarea şi cultivarea recoltelor pentru a obţine hrană mai eficient decât prin cules.

Deşi majoritatea neodarwiniştilor contemporani resping conceptul de progres evolutiv, fondatorii acestui curent nu-l respingeau. Dimpotrivă, ei recunoşteau că cel mai mare progres se întâlneşte la specia umană. Mayr a subliniat etapele acestui progres:

Pg.416

Cine poate nega faptul că, în general, există un progres de la pro- cariotele care au dominat lumea vie cu peste trei miliarde de ani în urmă la eucariotele cu nucleul şi cromozomii lor bine organizaţi şi cu organitele lor citoplasmatice; de la eucariotele unicelu- lare la metafite şi metazoare la [...] [animalele cu sânge cald] cu un important sistem nervos central, cu o puternică înclinaţie către îngrijirea parentală şi cu abilitatea de a transmite informaţia de la o generaţie la alta?[28]

Chiar Simpson, cunoscut pentru scepticismul său, a ajuns la următoarea concluzie:

Majoritatea [criteriilor ce indică progresul evolutiv] arată totuşi că omul se află printre cele mai înalte produse ale evoluţiei, iar măsurarea acestora ne permite să conchidem că omul este, în general, dar nu şi în fiecare privinţă, culmea actuală a progresului evolutiv.[29]

Julian Huxley a fost dintotdeauna un apărător entuziast al progresului evolutiv şi susţinea că

a existat progres şi înainte de existenţa omului pe Pământ [...]. Apariţia sa doar a continuat, a modificat şi a accelerat un proces care funcţiona încă de la primele licăriri ale vieţii.[30]

Dobzhansky a fost la fel de neechivoc:

Judecând conform oricărui criteriu rezonabil, omul reprezintă cel mai înalt, mai progresiv şi mai de succes produs al

evoluţiei organice. Lucrul cu adevărat ciudat este că unii biologi privesc de atâtea ori cu suspiciune caracterul evident al acestei evaluări.[31]

Obiecţiile la adresa dovezilor copleşitoare în favoarea complexităţii progresive se reduc fie la ignorarea probelor, fie la încercări eronate de a le minimaliza, deoarece ele intră în conflict fie cu o presupusă cauză a evoluţiei biologice, fie cu o ideologie conform căreia toate speciile sunt egale.

Când un om de ştiinţă neagă dovezile pentru că intră în conflict cu propria credinţă este mai surprinzător decât atunci când un creaţionist pur şi simplu neagă dovezile fenomenului evoluţiei biologice.

În următoarele două capitole voi examina ipotezele care încearcă să completeze sau să pună în discuţie paradigma folosită în prezent pentru a explica tiparul dovezilor.

Pg.417

CAPITOLUL 22
Ipoteze complementare si concurente 1: complexificarea

> Dacă s-ar putea demonstra că există vreun organ complex care nu s-a putut forma prin modificări numeroase, succesive şi uşoare, teoria mea s-ar prăbuşi cu totul.
>
> Charles Darwin, 1872

În prima jumătate a secolului XX, biologii doreau să-şi transforme propriul domeniu într-o ştiinţă respectabilă, asemenea fizicii, ale cărei teorii erau exprimate în ecuaţii matematice ce permiteau formularea unor predicţii precise şi testabile. Această dorinţă s-a născut în anii ’20 şi ’30, odată cu publicarea studiului lui Ronald Fisher în care valoarea selectivă era exprimată în limbaj matematic, cu cele zece articole ale lui J.B.S. Haldane publicate sub titlul *A Mathematical Theory of Natural and Artificial Selection* [„O teorie matematică a selecţiei naturale şi a celei artificiale] şi cu lucrarea în care Sewall Wright calcula peisajele adaptative şi deriva genetică. Abordarea lor, care a furnizat bazele teoretice ale geneticii populaţiilor, îşi are rădăcinile în determinismul newtonian.

Modelul neodarwinist a combinat această abordare cu metodele analitice ale geneticii moleculare. Ştiinţa biologiei observaţionale, iniţial calitativă, a adoptat perspectiva determinismului şi reducţionismului genetic, cu ipoteze exprimate prin ecuaţii matematice sau prin modele statistice.

În mod paradoxal, fizica trecea în aceeaşi perioadă printr-o schimbare de paradigmă, îndepărtându-se de determinism în favoarea

teoriei relativităţii şi a indeterminismului teoriei cuantice. Se vorbea deja despre nonlocalizare, principiul incertitudinii, corelări cuantice şi interpretări holistice. Cu toate astea, majoritatea ipotezelor avansate pentru a lămuri tiparele dovezilor pe care paradigma neodarwinistă nu le explică au adoptat abordarea generală a acestei paradigme şi au folosit modele matematice. Totuşi, unii specialişti au adoptat perspectiva holistică şi au susţinut că formele de viaţă sunt alcătuite din componente situate la diferite niveluri ierarhice care interacţionează între ele şi cu mediul înconjurător.

Ipotezele formulate variază de la cele care încearcă să completeze sau să extindă modelul neodarwinist până la cele care-l contestă. În acest capitol le voi analiza pe cele menite în primul rând să explice complexificarea rapidă, iar în capitolul următor, pe cele care încearcă să explice în primul rând colaborarea.

PROIECTUL INTELIGENT

Am văzut în capitolul 15 că biochimistul Michael Behe, de la Universitatea Lehigh, susţinea că, datorită complexităţii sale ireductibile, prima celulă trebuie să fi fost rezultatul unui proiect inteligent, dar a admis că apoi evoluţia biologică şi-a intrat în drepturi[177]. După apariţia cărţii lui Behe, care a contribuit la lansarea mişcării proiectului inteligent, Jonathan Wells, fost cercetător postdoctoral în biologie la Universitatea din California, Berkeley, a publicat *Icons of Evolution: Science orMyth?*[„Simboluri ale evoluţiei: ştiinţă sau mit?“], care ia în considerare zece studii de caz emblematice folosite în predarea evoluţiei darwiniste şi conchide că au fost exagerate, distorsionate sau chiar falsificate.[1]

Răspunsul biologilor evoluţionişti a fost ostil de la un capăt la altul, acuzându-l pe Wells că a prezentat dovezile într-un mod lipsit de onestitate şi fraudulos pentru a-şi promova credinţele religioase.

Şase dintre aceste studii de caz au fost examinate în capitolele precedente ale cărţii de faţă. Wells are dreptate când spune, de exemplu, (a) că experimentul Miller-Urey nu demonstrează apariţia vieţii din materia neînsufleţită (vezi pp. 273-274); (b) că nu există un arbore filogenetic darwinian care să dovedească descendenţa cu modificări (mai ales pentru că nu există o înţelegere între biologi cu privire la cum şi pe ce baze ar trebui construit un arbore al vieţii; vezi p. 391); (c) că dovezile în favoarea stazei speciilor din registrul fosil contrazic gradualismul darwinian (vezi pp. 404-405); (d) că nici „cintezele lui Darwin“ din insulele Galapagos (vezi p. 373) şi nici (e) înnegrirea moliilor din zonele industriale nu demonstrează evoluţia speciilor (ca fenomen diferit de cel al modificărilor adaptative reversibile) şi că, în cel de-al doilea caz, fotografiile lui Kettlewell cu

molii vizibile pe trunchiuri de copaci sunt, de fapt, fotografii cu molii moarte care au fost lipite pe acei arbori (vezi p. 370); şi (f) că nu există nici o dovadă a existenţei unei noi specii care să fi evoluat conform mecanismului darwinist (de fapt, neodarwinist)178.

Cu toate astea, evidenţierea ipotezelor inadecvate şi experimentelor sau observaţiilor neconcludente, imperfecte sau chiar false (deşi cred că Kettlewell a dorit ca fotografiile sale să fie ilustrative, nu înşelătoare) nu contrazice fenomenul evoluţiei biologice. Deşi nici una dintre cele nouă dovezi examinate în capitolele 17 şi 18 nu sprijină fără echivoc evoluţia biologică, dacă le privim laolaltă ele se transformă într-o probă solidă potrivit căreia omul a evoluat din cele mai timpurii forme de viaţă de pe Pământ.

Pg.419

De fapt, aceste cazuri subliniază insuficienţa ipotezei neodarwiniste ca unică explicaţie a fenomenului. Faptul că aceste exemple sunt încă folosite în manuale pentru a dovedi evoluţia biologică ne arată fie că manualele sunt depăşite, fie că sunt bazate mai curând pe credinţă decât pe ştiinţă. Adepţii teoriei ortodoxe actuale răspund printr-o atitudine defensivă instituţională ce nu admite defectele modelului neodarwinist demonstrate de existenţa unor date contrare sau ignoră alte ipoteze concordante cu aceste date. În mod paradoxal, o astfel de atitudine defensivă nu face altceva decât să le furnizeze argumente celor care cred în creaţionism.

Într-o carte mai recentă, *The Edge of Evolution: the Search for the Limits of Darwinism* [„Graniţele evoluţiei: căutarea limitelor darwinismului“][1] [2], Wells recunoaşte fenomenul evoluţiei biologice; de fapt, el merge până acolo încât spune că selecţia naturală este mecanismul evident prin care variantele genelor adaptative se propagă în rândul populaţiei, şi mai susţine că mutaţiile aleatorii, împreună cu selecţia naturală, nu sunt suficiente pentru a conduce la evoluţia inovaţiilor biologice şi la creşterea complexităţii. Demonstraţia lui se sprijină pe probabilitatea scăzută ca un organism să sufere simultan două sau trei mutaţii care să-i ofere un avantaj, ceea ce e corect. Totuşi, Wells conchide că majoritatea mutaţiilor cu adevărat importante trebuie să fi fost dirijate de un agent inteligent. Avem de-a face aici cu o eroare logică. Dacă ipoteza neodarwinistă nu reuşeşte să explice inovaţiile biologice majore şi creşterea complexităţii - ceea ce e adevărat - nu înseamnă că nu există sau nu vor exista alte ipoteze ştiinţifice care să ofere o explicaţie adecvată. Acest capitol trece în revistă ipotezele actuale.

În concluzie, susţinătorii proiectului inteligent nu reuşesc să ofere nici o explicaţie testabilă a credinţei lor, ceea ce face ca ipoteza proiectului inteligent să nu se încadreze în domeniul ştiinţei.

TEORIA ECHILIBRULUI PUNCTAT

În 1995, paleontologul Niels Eldredge susţinea că cele trei reacţii ale membrilor populaţiei unei specii la o modificare din mediul înconjurător sunt, în ordinea probabilităţii:

1. *Căutarea habitatului*

Indivizii migrează într-un habitat la care sunt bine adaptaţi.

2. *Extincţia*

Se petrece atunci când indivizii nu pot găsi un habitat adecvat.

3. *Transformarea foarte lentă şi treptată a populaţiei pentru a se adapta la schimbările mediului înconjurător*

Această a treia reacţie, care e cel mai puţin probabilă, constituie singurul mecanism de speciaţie recunoscut de modelul neodarwinist.

Pe de altă parte, biologul teoretician evoluţionist de orientare neodarwinistă, George C. Williams a respins ideea căutării habitatului, considerând-o pură fantezie, deşi Eldredge a oferit suficiente dovezi în favoarea acestei ipoteze.[3]

În influentul articol publicat în 1972 care puneau în discuţie gradualismul modelului neodarwinist contrazis de registrul fosil[4], Eldredge şi paleontologul Stephen Jay Gould, colegul său, au schiţat ipoteza echilibrului punctat pornind de la ideea formulată de Ernst Mayr potrivit căreia speciaţia s-ar desfăşura cel mai rapid în subpopulaţii mici şi izolate. Cei doi susţin că, în cazul unei populaţii mari care ocupă o regiune geografică întinsă, mutaţiile noi, chiar dacă sunt benefice, se diluează din cauza dimensiunilor populaţiei şi a unor factori precum modificarea constantă a mediului înconjurător. Acest fenomen produce variaţii adaptative minore, dar are ca rezultat o stabilizare generală a morfologiei, concordantă cu modificările morfologice minore medii observate în registrul fosil de-a lungul a zeci sau chiar sute de milioane de ani.

Totuşi, în cazul unui grup mic, aflat la periferia habitatului geografic, mutaţiile genetice ce codifică trăsături adaptative benefice se vor răspândi rapid şi vor transforma fondul genetic al acelui grup într-o perioadă scurtă din punct de vedere geologic, de zeci de mii de ani. Acest fapt va duce la apariţia unei specii noi, incapabilă să se mai încrucişeze cu grupul principal.

Apărătorul lui Williams, Richard Dawkins, a respins această ipoteză, considerând-o „o denivelare interesantă, dar minoră de pe suprafaţa teoriei neodarwiniste“, care „nu merită prea multă publicitate"[5]. Această remarcă a dus la schimburi sarcastice de replici între Dawkins şi tabăra lui Eldredge/Gould, care continuă şi astăzi.

APARIŢIA BRUSCĂ

Jeffrey H. Schwartz, antropolog şi filozof al ştiinţei de la Universitatea din Pittsburgh, este un biolog evoluţionist care susţine punctul de vedere tot mai depăşit potrivit căruia rolul omului de ştiinţă este acela de a testa ipotezele ortodoxe actuale şi supoziţiile de la baza lor prin raportare la dovezi şi, dacă este necesar, de a căuta explicaţii alternative în vederea apărării acelor ipoteze, în loc de a căuta sau de a interpreta dovezi.

Pg.421

Schwartz consideră la rândul său că gradualismul neodarwinist este incompatibil cu dovezile. Însă în loc să adopte ipoteza lui Eldredge şi Gould el a lucrat împreună cu biochimistul Bruno Maresca, de la Universitatea din Salerno, la dezvoltarea unei ipoteze formulate de el anterior prin examinarea expresiei proteinelor de stres din celule ca reacţie la modificările fizice din mediul înconjurător. Publicată în 2006, ipoteza apariţiei bruşte susţine că celulele previn sau corectează modificările genetice, în special prin mecanisme de reparare a ADN-ului; acest proces duce la o homeostază sau stabilitate autoregulatoare a ADN-ului şi explică staza morfologică.

Modificările genomice semnificative apar numai în acele situaţii de stres sever - precum schimbarea bruscă de temperatură, modificarea drastică a alimentaţiei sau suprapopularea fizică - care afectează grav homeostaza ADN-ului în cursul formării celulelor sexuale (ovule şi spermatozoizi), afectând astfel dezvoltarea organismului. Prăbuşirea homeostaziei are cel mai adesea efecte letale, dar

> produce la câţiva indivizi, într-o perioadă relativ scurtă de timp (câteva generaţii), restructurări majore şi potenţial neletale (deci „folositoare"?).[6]

Astfel, inovaţiile morfologice nu rezultă în urma acumulărilor treptate de mutaţii în rândul populaţiei de-a lungul mai multor generaţii şi nici prin răspândirea rapidă a mutaţiilor benefice în rândul unei subpopulaţii izolate, ci prin întreruperea severă şi bruscă a stării normale de homeostază a ADN-ului.

Această ipoteză oferă o explicaţie mai convingătoare a cauzei stazei morfologice urmată de o modificare genomică semnificativă, dar a fost ignorată de neodarwinişti şi de adepţii ipotezei Eldredge/ Gould.

Totuşi Maresca şi Schwartz nu explică limpede natura acestor „restructurări majore şi potenţial neletale (deci «folositoare»?)" şi felul în care ele conduc la speciaţie sau produc tranziţii evoluţioniste sau emergenţe marcate de o sporire a complexităţii.

SELECŢIA STABILIZATOARE

Apărând modelul neodarwinist împotriva apelurilor lui Eldredge, Gould şi ale altor paleontologi pentru o revizuire fundamentală a acestei teorii ortodoxe, botanistul şi geneticianul G. Ledyard Stebbins şi specialistul în genetică moleculară Francesco Jose Ayala au susţinut în 1981 că transformarea fondului genetic al unei populaţii de-a lungul mai multor generaţii este compatibilă atât cu speciaţia gradualistă, cât şi cu cea punctată.

Pg.422

Cei doi cercetători s-au întrebat dacă fenomenul stazei paleontologice este atât de comun precum se susţine. Ei sunt de părere că, în momentul în care se produce acest fenomen, evoluţia moleculară poate avea loc fără ca morfologia să se modifice (singura schimbare identificabilă în registrul fosil), iar acest lucru este explicat de ideea selecţiei stabilizatoare a lui Dobzhansky. În acest caz, genele care codifică o morfologie adaptativă de succes, precum cea a rechinilor sau a ferigilor, sunt selectate în mod natural fără nici o întrerupere, astfel încât morfologia se stabilizează, în timp ce genele care codifică alte trăsături se modifică, ducând chiar la speciaţie.[7]

Argumentele lor sunt în principal de ordin teoretic, şi cred că Peter G. Williamson, paleontolog la Universitatea Harvard, are dreptate atunci când susţine că:

> Gama largă de habitate exploatate în prezent de speciile moderne larg distribuite, dar uniforme morfologic, împreună cu staza morfologică de lungă durată (până la 17 milioane de ani) manifestată de multe linii de descendenţă fosile în habitate fluctuante, reprezintă un puternic argument împotriva ideii potrivit căreia selecţia stabilizatoare ar putea fi o explicaţie adecvată pentru fenomenul stazei biologice.[8]

TEORIA NEUTRALISTĂ

Începând cu anul 1968, când a formulat prima dată această idee, Motoo Kimura a condus un grup de geneticieni care susţineau, cu argumente matematice, că aproape toate mutaţiile genetice care persistă sau ating o frecvenţă înaltă în rândul populaţiilor de-a lungul generaţiilor sunt neutre din punct de vedere selectiv: ele nu au un efect considerabil asupra valorii selective sau asupra adaptării morfologice.

Printre dovezile ce susţin această ipoteză se numără specia cunoscută drept rechinul Port Jackson. În ciuda modificărilor drastice de mediu despre care se presupune că au provocat trei extincţii în masă, acest rechin şi-a păstrat aspectul morfologic vreme de 300 de milioane de ani; astăzi supravieţuieşte ca o „fosilă vie“, în ciuda ratei modificărilor genetice, calculată prin totalul diferenţelor ce există la nivelul aminoacizilor între globulina alfa şi globulina beta (150),

apropiat de cel stabilit în cazul descendenţei umane (147). În aceeaşi perioadă însă omul a evoluat din reptile asemănătoare mamiferelor, trecând prin mai multe tranziţii. În general, rata schimbărilor genetice este destul de constantă în cazul tuturor filiaţiilor, dar rata schimbărilor morfologice variază semnificativ de la o filiaţie la alta[179].[9]

Teoria neutralistă este în esenţă ipoteza derivei genetice[180] propusă de Sewall Wright, care a fost ignorată de arhitecţii modelului neodarwinist fiindcă nu se potrivea cu transformarea fondului genetic comun al unei populaţii pornind de la selecţia naturală a mutaţiilor genetice benefice din punct de vedere adaptativ.

H. Allen Orr, un apărător al tradiţiei neodarwiniste, susţine că noua tehnologie de secvenţiere a genomului şi testele statistice pentru diferenţierea modificărilor neutre din genom de cele adaptative ne demonstrează că susţinătorii teoriei neutraliste subestimează importanţa selecţiei naturale. Orr citează cercetarea lui David J. Begun şi a lui Charles H. Langley, de la Universitatea din California, Davis, bazată pe analiza unui total de 6.000 de gene preluate de la două specii diferite de drosofilă ce s-au desprins dintr-un strămoş comun, şi conchide că selecţia naturală pozitivă - în cadrul căreia mediul înconjurător creşte frecvenţa unei mutaţii benefice iniţial rare - este răspunzătoare pentru cel puţin 19% din diferenţele genetice dintre cele două specii.[10] Dacă aşa stau lucrurile, nu mai avem de-a face cu o confirmare categorică a unui model al cărui unic mecanism de transformare genetică este selecţia naturală (ca să nu mai vorbim de eroarea presupusă de ideea că mediul înconjurător realizează o selecţie activă).

DUPLICAREA ÎNTREGULUI GENOM

Cazurile tot mai numeroase de poliploide descoperite nu numai la plante, dar şi la o gamă largă de specii animale[181] au retrezit interesul pentru ipoteza formulată în 1970 de specialistul în genetică moleculară Susumu Ohno, care a fost în mare parte ignorată sau respinsă la momentul respectiv.

Pe baza dimensiunilor relative ale genomului şi observaţiilor că speciile tetraploide (care conţin patru seturi de cromozomi în fiecare celulă) apar în mod natural la peşti şi la amfibieni, Ohno a speculat că o asemenea dublare a numărului normal de cromozomi este răspunzătoare de modificări evolutive majore. Această ipoteză este cunoscută şi sub numele de 2R, deoarece reformulările sale ulterioare susţineau că au existat două runde de duplicare a întregului genom în apropierea rădăcinii ancestrale a arborelui vertebratelor. Se crede că o astfel de duplicare a permis inovaţiei biologice să se manifeste mult

mai eficient şi că toate vertebratele, inclusiv oamenii, sunt organisme poliploide degenerate.

Aceste afirmaţii sunt controversate şi greu de probat, deoarece se cunosc puţine lucruri despre diploidizare, proces prin care o specie tetraploidă devine, prin degenerare, diploidă. Totuşi, ipoteza este susţinută de dovezi potrivit cărora o mare parte din genomul uman şi din cel al şoarecelui conţin pe un cromozom perechi de gene care sunt duplicate pe alţi trei cromozomi. În 2007, patologul Masanori Kasahara susţinea că analiza genomică a unor specii importante de cordate asigură acum „dovezi incontestabile ce susţin ipoteza 2R“[n].

Pg.424

EPIGENETICA

Dovezile moştenirii caracterelor dobândite fără nici o modificare genetică au amplificat interesul pentru epigenetică, ce fusese folosită în investigarea embriologiei şi dezvoltării.

Asemenea darwinismului, acest cuvânt este folosit cu sensuri diferite. Cercetătorii actuali folosesc termeni tehnici în diversele lor definiţii care pot fi rezumate astfel:

epigenetică Studiul mecanismelor de reglare genetică ce produc modificări în fenotipul unui organism fără a antrena însă modificări ale secvenţelor de ADN ale genelor propriu-zise.

Include mecanisme prin care celulele stem se diferenţiază în celule cu funcţii specializate pentru a forma corpul unui embrion ce se va dezvolta apoi într-un organism independent. Multe astfel de tipare epigenetice sunt resetate atunci când organismul se reproduce, însă dovezile din ultimii zece ani demonstrează existenţa unei moşteniri epigenetice.

moştenire epigenetică Transmiterea de la celula-părinte la celula-fiică, prin replicare asexuată sau prin reproducere sexuată, a unor variaţii ce produc variaţii la nivelul caracterelor organismului, dar nu şi la cel al secvenţei de baze ale ADN-ului.

Au fost identificate trei mecanisme principale:

a. Modificarea chimică, în special metilarea, prin care un grup metil (CH_3-) înlocuieşte hidrogenul (H-) sau un alt grup din molecula de ADN sau din proteinele numite histone care împachetează ADN-ul din nucleul celular în forma condensată cunoscută drept cromatină.

b. Modificarea plierii cromatinei unei celule.

c. Legarea specifică a unui ARN nuclear mic de secvenţe de ADN.

Mecanismele diferite ale activării sau inhibării genelor pot acţiona independent sau pot fi interdependente, în sensul în care orice modificare menită să activeze sau să inhibe o genă va duce la

modificări ulterioare.

Pg.425

Prin urmare, moştenirea epigenetică nu presupune modificări ale genelor, aşa cum se întâmplă în modelul neodarwinist, ci mai degrabă modificări ale felului în care se exprimă genele respective. Acest mecanism oferă o explicaţie la nivel molecular a moştenirii lamarckiene a caracteristicilor dobândite. De exemplu, Matthew Anway şi colegii săi au conchis că, în cazul şobolanilor cercetaţi de ei, creşterea infertilităţii moştenite pe linie masculină fără nici o modificare genetică subiacentă[182] este asociată cu metilarea.

OMOLOGIA PROFUNDĂ ŞI EVOLUŢIA PARALELĂ

Motivaţi de descoperirea faptului că genele responsabile pentru dezvoltare sunt foarte asemănătoare la o gamă largă de specii, paleontologul şi biologul evoluţionist Neil Shubin şi colegii săi de la Universitatea din Chicago au propus în 1997 ipoteza omologiei profunde. În esenţă, această ipoteză susţine că astfel de gene sau versiunile lor ancestrale au aparţinut unui strămoş comun foarte îndepărtat, astfel încât aparentele convergenţe evolutive independente sunt de fapt evoluţii paralele. În plus, Shubin e de părere că descoperirea mai multor omologii profunde în următorii doisprezece ani a întărit această ipoteză.[12]

În cazul ochilor, de exemplu, Shubin afirmă că toate variaţiile moderne ale sensibilităţii la lumină întâlnite la animalele cu simetrie bilaterală îşi au originea în celule fotosensibile prezente la un strămoş comun, Pax-6 şi alţi factori de transcripţie contribuind la producerea proteinelor numite opsine.

Deşi Shubin afirmă că circuitele regulatoare ancestrale oferă un substrat din care se pot dezvolta noi structuri, el nu explică nici de ce se dezvoltă şi nici din ce cauză mecanismul regulator al genelor din familia Hox produce planuri corporale foarte diferite la animalele cu simetrie bilaterală.

CONVERGENŢA EVOLUTIVĂ

Simon Conway Morris, paleontolog la Universitatea Cambridge, susţine că principiul adaptativ şi inerenţa au drept rezultat limitarea evoluţiei biologice la o serie de efecte restrânse. Ca argumente pentru ipoteza convergenţei evolutive aduce exemple din întreaga ierarhie biologică, de la molecule şi organe la sisteme sociale şi procese cognitive.[13]

Numărul de aminoacizi este vast şi totuşi numai 20 dintre ei se găsesc în organisme. Dacă luăm în considerare o proteină compusă dintr-un lanţ de 100 de aminoacizi, modurile în care aceştia se pot asambla sunt în număr de 20^{100} până la 10^{130}, un număr astronomic,

însă numai o fracţiune infinitezimal de mică dintre respectivele combinaţii se găsesc în organisme. În mod asemănător, cât priveşte funcţia lor metabolică, proteinele sunt pliate numai într-un număr extrem de mic de moduri din câte sunt posibile[183].

Pg.426

În privinţa organelor, Conway Morris afirmă că ochiul asemănător unui aparat foto cu o singură lentilă a evoluat independent de cel puţin şase ori la specii ce variază de la caracatiţe la mamifere, în timp ce la o gamă largă de specii se produce o „convergenţă galopantă" la nivelul altor organe, precum cele răspunzătoare de miros, auz, ecolocaţie şi electrorecepţie. Morris susţine că în constrângerile ce însoţesc dezvoltarea organelor de simţ „putem să abordăm problema mai largă a evoluţiei sistemelor nervoase, a creierului şi poate, în cele din urmă, a conştiinţei".

Comportamentul manifestă la rândul său convergenţă evolutivă. Eusocialitatea, în cadrul căreia există numai o singură femelă reproductivă, în timp ce restul membrilor coloniei îndeplinesc funcţii specializate, a evoluat independent nu numai la multe specii de furnici, albine, viespi şi termite, ci şi la creveţi şi la cârtiţele golaşe. Deşi nu toate speciile de insecte au o astfel de organizare socială, Conway Morris susţine că cele eusociale domină mediul înconjurător în care trăiesc, adică sunt mai bine adaptate şi au eliminat echivalentele lor lipsite de eusocialitate. Agricultura a evoluat independent, de la furnicile crescătoare de fungi din America Centrală şi de Sud până la oameni.

Conway Morris admite că, în condiţiile în care arborii filogenetici se află într-o constantă schimbare, ar putea fi dificil să deosebeşti între evoluţia convergentă independentă şi evoluţia paralelă. Însă Morris susţine că exemplele sale ţin de specii atât de diferite, încât probabilitatea unei evoluţii paralele este extrem de redusă. El consideră că rolul genelor conservate ce reglează dezvoltarea la o varietate de specii, precum Pax-6, în cazul ochilor, este mult prea accentuat, deoarece Pax-6 este implicată şi în dezvoltarea altor organe. Aceeaşi genă se exprimă şi în cazul nematozilor fără ochi şi, cu toate că dezvoltarea ochilor este controlată de Pax-6, structura în sine a ochilor a evoluat prin convergenţă.

Morris conchide că fenomenul convergenţei evolutive permite predicţii de prim ordin referitoare la apariţia proprietăţilor biologice importante pe Pământ. Una dintre acestea este progresul.

> De-a lungul timpului geologic putem observa apariţia unor lumi mai complexe [...], la animale observăm emergenţa unui creier mai mare şi mai complex, vocalizări sofisticate, ecolocaţie, percepţie electrică, sisteme sociale avansate, inclusiv eusocialitate, viviparitate [faptul de a naşte pui vii], sânge cald

şi agricultură, iar toate astea sunt convergente - ceea ce mie îmi sună a progres.

În plus:

Constrângerile evoluţiei şi ubicuitatea convergenţei fac din apariţia unor fiinţe precum oamenii un fapt aproape inevitabil.

Specialistul în ecologia animalelor Rob Hengeveld, de la Universitatea din Amsterdam, a atacat această ipoteză argumentând că Conway Morris este selectiv în exemplele sale şi ignoră numărul foarte mare de divergenţe pe care le prezintă evoluţia biologică. În plus, multe dintre pretinsele convergenţe sunt îndoielnice. De exemplu, numai câţiva peşti au o formă asemănătoare torpilei, comparativ cu mii de alte specii care au forme diferite.

Cred că Hengeveld are dreptate să critice unele presupuse convergenţe. În plus, pretinsa evoluţie independentă a agriculturii la furnicile cultivatoare de fungi şi la oameni confundă comportamentul instinctiv al furnicilor cu cel uman, care este caracterizat prin inteligenţă şi prin planificare.

Hengeveld are de asemenea dreptate să sublinieze tiparul evoluţiei divergente, pe care Conway Morris îl ignoră în mare măsură. Pe de altă parte, Conway Morris are dreptate când identifică tiparul complexificării progresive. Cele două tipare sunt compatibile: a existat un număr uriaş de filiaţii animale divergente; fiecare dintre ele a cunoscut complexificarea, pornind de la un nivel comparativ redus şi ajungând la staza (şi de obicei dispariţia) de la capătul fiecărei filiaţii şi, în cazul omului, la cea mai înaltă complexitate.

Conway Morris atribuie cauza convergenţei „principiului adaptativ“ şi „constrângerilor evoluţiei", care reprezintă „tendinţa recurentă a organizării biologice de a ajunge la aceeaşi «soluţie» pentru o «necesitate» particulară", în mare parte datorită „inerenţei“. Totuşi, aici se descrie tiparul fenomenelor, şi nu cauza tiparului.

Pentru a fi mai mult decât tautologie sau descriere, principiul adaptativ şi inerenţa trebuie să aibă rol de principiu specific sau de lege aplicabilă tuturor fenomenelor biologice, ceea ce nu se întâmplă în momentul de faţă.

TEORIA EMERGENŢEI

În capitolul 15 am discutat propunerea lui Harold Morowitz în contextul expunerii unor ipoteze despre apariţia vieţii[184]. Morowitz identifică 19 manifestări ale complexificării în evoluţia vieţii, de la procariote la filozofie.

Pg.428

Pentru a explica de ce apar relativ puţine entităţi în fiecare dintre aceste etape majore de tranziţie evolutivă, având în vedere că există nenumărate posibilităţi, Morowitz caută reguli ale selecţiei,

echivalente biologice ale principiului de excluziune al lui Pauli, care selectează dintre miliardele de posibile niveluri de energie ale electronilor unui atom pe acelea care produc micul număr de elemente ce se găsesc în natură[185].

Morowitz susţine că în unele cazuri „în competitivul domeniu darwinian [...] principiul dominant al selecţiei este adaptarea definită prin reproducere şi supravieţuire", ceea ce este o tautologie, iar în alte cazuri principiul selecţiei „nu e deloc evident".

Ideea existenţei uneia sau mai multor reguli subiacente ale selecţiei care să explice cazurile de complexificare identificate de Morowitz este atractivă. Totuşi, la fel ca în cazul explicaţiei apariţiei vieţii, Morowitz nu a depăşit nivelul descrierii fenomenelor.

COMPLEXITATEA AUTOORGANIZATĂ

Stuart Kauffman a avansat această ipoteză ca explicaţie a apariţiei vieţii[186], şi o foloseşte pentru a explica nu numai embriologia organismelor, ci şi evoluţia speciilor.[14]

Cât priveşte primul aspect, Kauffman spune că motivul pentru care celulele stem cu genomuri identice se diferenţiază în celule specializate - cum ar fi celulele hepatice, celulele musculare şi aşa mai departe - este acela că numai relativ puţine gene din fiecare celulă stem sunt activate, iar această activare are configuraţii diferite în fiecare celulă. În opinia sa, genomul operează ca o reţea în care genele îşi reglează reciproc activitatea, nici una dintre gene nefuncţionând ca un coordonator, iar acest comportament autoorganizat reprezintă un sistem dinamic neliniar.

Modelul său computerizat presupune că fiecare genă este un nod (N), care este fie activat, fie dezactivat, şi că fiecare nod este legat printr-un număr de conexiuni (K) de alte gene care stabilesc dacă gena-nod e activată sau nu.

Presupunând că această reţea NK este guvernată de un tip special de reguli de comutare în logică booleană, numite funcţii canalizatoare (de genul activat sau dezactivat), rezultă că atunci când $K = 1$ sistemul tinde să îngheţe. Dacă K este mai mare de 2, sistemul devine haotic. Dar când $K = 2$ sistemul atinge în mod spontan stabilitatea la limita haosului. Mai precis, se stabilizează într-un tipar ce repetă un ciclu de stări în care durata fiecărui ciclu de stare este egală cu rădăcina

pătrată a lui N. Astfel, dacă există 100 de gene într-un genom şi fiecare dintre ele este conectată cu alte două gene, atunci se va stabiliza într-un ciclu repetitiv alcătuit din 10 paşi (10 fiind rădăcina pătrată a lui 100); în decursul fiecărui pas, se activează câte un mecanism chimic diferit pentru a produce o celulă cu funcţie diferită: o celulă hepatică sau una musculară.

Kauffman susţine că numărul de paşi dintr-un ciclu este aproximativ egal cu numărul tipurilor de specializare a celulelor. Prin urmare, în cazul genomului uman, care e alcătuit din 100.000 de gene, rădăcina pătrată a lui 100.000 este 316, astfel încât modelul prezice că numărul de tipuri celulare ar trebui să fie 316, ceea ce este apropiat de numărul real: 254[187]. (Astăzi se estimează că omul are cel mult 25.000 de gene, rădăcina pătrată fiind 158.)

Kauffman compară numărul de tipuri de celule cu rădăcina pătrată a numărului de gene întâlnit la diferite organisme, de la bacterii la om, şi descoperă o strânsă corelaţie - iar asta reprezintă, în opinia sa, confirmarea empirică a ipotezei pe care o propune.

Ideea că genele din celulele stem ar organiza în mod spontan producerea unor celule specializate în conformitate cu o regulă implicită ce stabileşte numărul de conexiuni pe care o genă le are cu alte gene este destul de atractivă. Pare să fie un echivalent biologic al principiului de excluziune al lui Pauli.

Totuşi, modelul lui Kauffman nu explică de ce genele interacţionează. Şi nici ce anume determină ca numărul de conexiuni să fie egal cu doi (nici principiul de excluziune al lui Pauli nu explică de ce nu există doi electroni dintr-un atom sau o moleculă care să aibă aceleaşi patru numere cuantice).

În timp ce principiul de excluziune al lui Pauli a prezis cu precizie existenţa unor noi elemente care au fost descoperite ulterior, precizia predictivă susţinută de Kauffman este pusă sub semnul întrebării de ceea ce cunoaştem astăzi despre gene şi genom. Corelaţiile sale presupun că numărul de gene dintr-un organism este proporţional cu cantitatea de ADN, dar tabelul 18.1[188] ne arată că lucrurile nu stau chiar aşa.

Deşi genele sunt într-adevăr reglate de reţele, aceste reţele nu par să implice doar gene ce alcătuiesc 2% din genom, ci şi o mare parte din restul de 98%.

Pg.430

Folosind raţionamente, presupuneri şi modele computerizate similare, Kauffman susţine că o reţea complexă de specii ce interacţionează între ele şi cu mediul înconjurător, supunându-se forţei selecţiei naturale (pare să accepte ideea greşită că selecţia naturală este o cauză), va evolua natural către o fază de tranziţie situată la limita haosului. Odată ajunsă aici, în homeostază, evoluţia biologică se va produce cu rapiditate, deoarece reţeaua posedă stabilitate, dar părţile sale sunt conectate suficient de lejer încât schimbările petrecute într-una sau în mai multe părţi să poată produce o schimbare a întregii reţele interactive.

Kauffman a avansat această idee în 1991, iar de atunci matematicienii, informaticienii şi specialiştii în fizica stării solide au

îmbunătăţit modelele computerizate. Cu toate astea, noile modele nu au fost fundamentate suficient pe datele biologice. Aşadar, la fel ca în cazul explicaţiei sale cu privire la apariţia vieţii, această idee nu oferă în prezent decât speranţa că modelele sale vor conduce la descoperirea unor noi legi mai profunde ale evoluţiei biologice sau la o lege fizico-chimică sau a formei ce impune constrângeri posibilităţilor biologice altminteri nelimitate.

LEGILE EVOLUŢIEI GENOMULUI

În 2011, Eugene Koonin, biolog evoluţionist şi informatician de la Institutul Naţional de Sănătate din SUA, a susţinut că cercetarea din genomica evolutivă cantitativă şi din biologia sistemică a dus la descoperirea a patru tipare universale ale evoluţiei genomului şi fenomului la toate filiaţiile evolutive pentru care există date genomice, inclusiv diverse grupuri de bacterii, arhee şi eucariote.

Koonin afirmă că aceste tipare statistice foarte tehnice nu numai că sunt surprinzătoare, dar pot fi totodată explicate prin modele matematice simple, asemănătoare celor folosite în fizica statistică. Un astfel de model este cel ce conţine variabilele naştere-moarte-inovaţie, care cuprinde numai trei procese elementare: (1) naşterea genelor (duplicare), (2) moartea genelor (eliminare) şi (3) inovarea (achiziţia unei noi familii, prin transferul orizontal de gene, de exemplu). Astfel de modele nu cuprind selecţia naturală. De aici Koonin conchide că aceste tipare nu sunt modelate de selecţia naturală neodarwiniană, ci sunt proprietăţi emergente ale unor ansambluri de gene.

Koonin recunoaşte că procesul şi parcursul evoluţiei biologice depind în mod critic de evenimente istorice neprevăzute şi presupun importante „cârpeli“ adaptative, astfel încât o teorie complet fizică a biologiei evoluţioniste este de neconceput. Totuşi, în opinia sa, universalitatea unor tipare ale evoluţiei genomului şi fenomului molecular, precum şi capacitatea modelelor matematice simple de a le explica, sugerează că se pot elabora legi ale biologiei evoluţioniste comparabile ca statut cu legile fizicii.[15]

Dacă Koonin are dreptate, cu ajutorul acestei abordări s-ar putea determina de ce rezultatele evoluţiei biologice sunt limitate la doar câteva dintre posibilităţile aproape nelimitate. O soluţie ar fi folosirea modelelor pentru predicţia evoluţiei viitoare a speciilor cu modificare rapidă, precum drosofila.

INGINERIA GENETICĂ NATURALĂ

Tot în 2011, James Shapiro, profesor la departamentul de biochimie şi biologie moleculară de la Universitatea din Chicago, a contestat perspectiva ortodoxă neodarwinistă potrivit căreia evoluţia

biologică este provocată de modificări genetice aleatorii petrecute în cadrul unui genom altminteri static. Shapiro susţine că celulele au o capacitate înnăscută de a-şi reorganiza genomurile ca reacţie la diferite tipuri de stimuli.

Pentru a susţine ceea ce el numeşte *„ingineria genetică naturală“*, Shapiro se bazează pe dovezile examinate în capitolele 17-19, împreună cu ipotezele discutate în acest capitol şi cu propriile sale idei. Mai exact, susţine că hibridizarea reuşită între membrii unor specii diferite[189], transpozonii[190], epigenetica, transferul orizontal de gene[191], duplicarea întregului genom şi simbiogeneza (unirea a două organisme separate pentru a forma un singur organism nou, discutată în capitolul următor), împreună cu studiile referitoare la modul în care celulele influenţează exprimarea, reproducerea, transmiterea şi restructurarea moleculelor lor de ADN, arată că genomurile nu sunt sisteme de memorie de tip „doar pentru citire“ supuse unor modificări accidentale, ci sunt sisteme de stocare a informaţiei de tip „citire-scriere“ situate la toate scările timpului, de la ciclurile unei singure celule la eoni evolutivi. Capacitatea de a evolua progresează odată cu evoluţia: organismele vii sunt fiinţe ce se modifică de la sine şi sunt intrinsec teleologice.

Paradigma biologică actuală, dezvoltată de specialişti în genetica populaţiilor şi zoologi care lucrează în laborator, nu reuşeşte să explice rapiditatea şi varietatea complexificării biologice; în plus, mutaţiile aleatorii graduale au mai multe şanse să se degradeze decât să creeze. Integrarea ştiinţelor biologice cu o abordare bazată pe informaţie şi sisteme, susţine Shapiro, va produce o nouă paradigmă pentru secolul XXI.[16]

Criticile aduse de Shapiro paradigmei neodarwiniste actuale sunt bine argumentate. Cu toate astea, el nu oferă o nouă paradigmă, ci mai curând programul unei paradigme bazate pe conceptul automodificării organismelor ce se dovedeşte a fi mai concordantă cu dovezile existente decât cea actuală.

BIOLOGIA SISTEMICĂ

Biologia sistemică a apărut la mijlocul anilor ’60 ca o abordare multidisciplinară care, spre deosebire de reducţionismul neodarwinist, adoptă o perspectivă holistică asupra fenomenelor naturale şi îşi propune să găsească proprietăţi emergente.

Biologii au făcut apel la informaticieni, matematicieni, fizicieni şi ingineri pentru a studia fiinţele vii ca o reţea integrată şi interactivă de gene, proteine şi reacţii biochimice care dau naştere vieţii şi sunt răspunzătoare de forma şi funcţiile unui organism. Ei afirmă că aceste proprietăţi emergente nu pot fi atribuite unei singure părţi din sistem,

care este astfel o entitate ireductibilă. Unul dintre fondatorii acestei abordări, profesorul Denis Noble, codirector al departamentului de fiziologie computaţională de la Universitatea Oxford, spunea:

> Biologia sistemică [...] se referă mai curând la unire decât la separare, mai curând la integrare decât la reducere. Ne permite să dezvoltăm perspective asupra integrării care să fie la fel de riguroase ca programele noastre reducţioniste, dar diferite [...]. Înseamnă să ne schimbăm filozofia în sensul deplin al cuvântului.[17]

Iniţial, programele sale de cercetare erau centrate în special pe ştiinţele medicale, precum investigarea sistemului imunitar al organismului, care nu e rezultatul unui singur mecanism sau al unei singure gene. De fapt, interacţiunile dintre numeroase gene, proteine, mecanisme şi mediul înconjurător al organismului sunt cele care produc reacţii imunitare capabile să lupte împotriva infecţiilor şi bolilor.

Biologia sistemică s-a extins şi a devenit o subdisciplină clar definită la începutul secolului XXI, când dezvoltarea tehnologică a permis secvenţierea rapidă şi completă a genomurilor. În încercarea de a înţelege informaţiile din domeniul secvenţierii moleculare, al căror volum creşte exponenţial, biologia sistemică s-a sprijinit pe bioinformatică şi pe specializări precum genomica, epigenomica, transcriptomica, proteomica şi aşa mai departe.

În 2010, Sydney Brenner, specialist în biologie moleculară şi laureat al Premiului Nobel, a atacat biologia sistemică spunând că e sortită eşecului deoarece deducerea unor modele ale funcţionării pornind de la comportamentul sistemelor complexe este o problemă inversată, imposibil de rezolvat. Eu cred că Brenner voia să sublinieze că, în cazul unui sistem complex precum o celulă, există o cantitate incomensurabilă de modele posibile şi nu avem cum să deducem care dintre ele este cel corect.

Experţii în biologie sistemică încearcă însă să găsească reguli prin care să selecteze modelele funcţionale din toate variantele posibile. Adesea fac acest lucru folosind algoritmi în modele computerizate care conduc la emergenţa uneia sau mai multor proprietăţi noi ce se apropie cel mai mult de emergenţa unei noi proprietăţi la un nivel biologic superior.

Brenner contraatacă spunând că „majoritatea observaţiilor făcute de specialiştii în biologie sistemică sunt instantanee statice, iar măsurătorile lor sunt incorecte [...]. Orice neliniaritate în sistem este o garanţie că multe dintre modele vor deveni instabile şi nu se vor potrivi cu observaţiile"[18].

Ca subdisciplină, biologia sistemică se află abia la început de

drum, şi este mult prea devreme pentru a o respinge. Dimpotrivă, abordarea ei filozofică are dreptate să trateze lucruri precum celulele şi niveluri superioare acestora, precum organismele şi chiar coloniile de furnici, ca părţi interconectate ale unor întreguri ireductibile ce interacţionează cu mediul înconjurător. Principalul pericol în viitor este acela că, din dorinţa de a fi riguroşi precum reducţioniştii, specialiştii acestei subdiscipline se vor concentra atât de mult pe investigarea specializată a părţilor, încât vor pierde din vedere întregul.

IPOTEZA GAIA

Spre deosebire de biologia sistemică, *ipoteza Gaia*, formulată în anii ’60 de cercetătorul britanic independent James Lovelock, se raportează la întregul Pământ. Conform acestei ipoteze, biosfera, atmosfera, oceanele şi solul Pământului reprezintă un sistem interactiv capabil de autoreglare ce produce un mediu fizic şi chimic optim pentru apariţia vieţii pe Pământ[192].

De când Lovelock a dezvoltat această ipoteză în colaborare cu Lynn Margulis, noile date şi criticile ulterioare au dus la ramificarea ipotezei într-o multitudine de forme apărate de diverşi susţinători.

Cât despre evoluţia biologică, ipoteza Gaia respinge modelul neodarwinist al adaptărilor graduale ale unei populaţii la mediul înconjurător fizic. Acest mediu înconjurător fizic este modelat de o reţea de sisteme vii capabile de inovaţie, ceea ce are ca rezultat o coevoluţie cu reţelele neînsufleţite ce funcţionează la nivel planetar. Ca să-l citez pe Lovelock, „evoluţia organismelor vii este atât de strâns legată de evoluţia mediului lor înconjurător, încât alcătuiesc împreună un singur proces evolutiv"[19].

Pg.434

La nivel intuitiv, toate aceste lucruri par cât se poate de logice, iar multe dintre modelele informatice simple ale ipotezei Gaia se bazează pe date extrase din cercetarea atmosferei, a oceanelor şi a organismelor la nivel global. Totuşi, în forma sa actuală, ipoteza nu oferă explicaţii suficient de tangibile cu privire la evoluţia speciilor.

CAUZALITATEA FORMATIVĂ

Ipoteza epigenetică examinată anterior sugerează cum apar modificările negenetice, dar nu explică şi de ce se produc: de ce o grupare metil ar înlocui hidrogenul, de exemplu, sau de ce un mecanism epigenetic ar determina celulele stem să se dezvolte în celule hepatice, nervoase etc., pentru ca apoi să se dezvolte într-un adult independent, proces cunoscut sub numele de morfogeneză.

Ipoteza cauzalităţii formative propusă de biologul botanist Rupert Sheldrake şi discutată în capitolul 13, când am încercat să aflăm ce

este viaţa, caută să explice nu numai cum se produc morfogeneza şi evoluţia biologică, ci şi de ce se produc: natura are deprinderi[193].

În opinia lui Sheldrake, legile imuabile universale, care sunt concepte deterministe newtoniene, nu există. (Ce cauzează aceste legi universale? Newton credea că Dumnezeu.) Sheldrake susţine că memoria este inerentă în natură sub forma unor *câmpuri morfice universale* ce determină dezvoltarea formelor la toate nivelurile de complexitate, structură şi organizare, de la atomi până la comportament şi minte, şi că aceste câmpuri morfice evoluează odată cu universul.

Astfel, morfogeneza este guvernată de un câmp morfogenetic ce impune un tipar unei activităţi altminteri aleatorii şi nedeterminate. Acest câmp este generat, de exemplu, de tiparul tuturor celulelor stem anterioare care s-au diferenţiat în celule hepatice, nervoase şi aşa mai departe, ceea ce se petrece când seturi diferite de gene din genomuri identice sunt activate de-a lungul unor perioade determinate. Câmpul morfogenetic impune acest tipar caracteristic de dezvoltare prin ceea ce Sheldrake numeşte rezonanţa morfică, prin analogie cu rezonanţa energetică. De exemplu, pentru a produce spectrul de absorbţie care le este caracteristic, atomii şi moleculele absorb doar unde de lumină cu anumite frecvenţe. Nucleii atomici plasaţi într-un câmp magnetic puternic absorb numai undele radio cu anumite frecvenţe, fenomen cunoscut drept rezonanţă magnetică nucleară. În fiecare caz, sistemul răspunde sau rezonează numai la anumite frecvenţe.

Pg.435

În acelaşi fel, celulele stem rezonează la câmpul morfogenetic pentru a se dezvolta în felul lor caracteristic. Mecanismul prin care sunt reglate genele ar putea foarte bine să fie metilarea sau oricare alt mecanism epigenetic. Comportamentul diferenţiator al celulelor stem noi se transmite prin rezonanţă către câmpul morfogenetic universal, adăugând informaţii noi şi permiţându-i acestui câmp să evolueze. Această ipoteză oferă un răspuns căutărilor unui principiu al selecţiei în toate cazurile considerate până acum, unde posibilităţile teoretic nelimitate sunt reduse la un număr mic de rezultate observabile. De exemplu, transformarea iniţială, probabil aleatorie, a unei celule într-o celulă hepatică generează un câmp morfogenetic care întăreşte această tendinţă. Milioane de ani mai târziu, din cauza numărului atât de mare de celule stem anterioare care s-au diferenţiat în celule hepatice, tiparul impus comportamentului unei noi celule stem este atât de puternic, încât seamănă cu o lege. Dar nu este vorba despre un principiu, în sensul de lege universală aplicabilă în orice moment. Micile schimbări în comportamentul noilor celule stem sunt încorporate în câmpul morfogenetic; acestea se acumulează în timp, producând o evoluţie a respectivului câmp şi astfel a legii observate şi

a felului în care se comportă celulele stem ulterioare.

Sheldrake aplică acest concept al cauzalităţii formative în cazul tuturor aspectelor evoluţiei biologice, explicând fenomenele într-un mod ce contrazice ortodoxia neodarwinistă. În plus, Sheldrake pretinde că ipoteza sa are fundamentare empirică. În cazul moştenirii caracteristicilor dobândite, de exemplu, William Agar şi colegii săi de la Universitatea din Melbourne au prezentat în anul 1954 un experiment menit să elimine erorile din experimentele anterioare de antrenare a şobolanilor. Echipa lui a introdus o specie de şobolan într-un bazin cu apă cu două căi posibile de scăpare. Calea „corectă“ era întunecată, iar cea „greşită“ era luminată. Şobolanii care alegeau calea greşită primeau un şoc electric. Cercetătorii alternau cele două ieşiri în cursul repetării experimentului şi cei mai mulţi şobolani au învăţat treptat să aleagă calea corectă.

Timp de 20 de ani, Agar a măsurat rata învăţării la şobolanii antrenaţi şi neantrenaţi de-a lungul a 50 de generaţii succesive. El a remarcat o tendinţă accentuată a şobolanilor din grupul antrenat de a învăţa mai repede în generaţiile succesive, în conformitate cu explicaţia epigenetică lamarckiană a moştenirii a caracterelor dobândite. Însă a observat aceeaşi tendinţă şi în cazul urmaşilor şobolanilor neantrenaţi, fapt care nu se mai explică prin moştenirea lamarckiană, şi cu atât mai puţin prin modelul neodarwinist.[20]

Sheldrake are o minte suficient de deschisă pentru a recunoaşte că, deşi se potriveşte cu modelul propus de el, acest experiment nu confirmă ipoteza cauzalităţii formative, deoarece îmbunătăţirea ratei învăţării la generaţiile de şobolani neantrenaţi ar putea avea o cauză încă necunoscută.

Pg.436

Lipsa confirmării experimentale a ipotezei propuse de Sheldrake în 1981 ar putea fi atribuită reticenţei comunităţii ştiinţifice[194].

Am discutat ipoteze care îmbogăţesc sau care pun sub semnul întrebării principiile actuale ale neodarwinismului în primul rând pentru a explica tiparul empiric al complexificării rapide şi al inovaţiei biologice. Voi face acelaşi lucru şi în cazul ipotezelor care caută să explice în principal tiparele colaborării întâlnite peste tot în natură.

Pg.437

CAPITOLUL 23
Ipoteze complementare și concurente 2: colaborarea

Una dintre cele mai mari probleme ale ştiinţelor biologice şi

sociale este aceea de a explica comportamente sociale precum cooperarea.

Stuart West, 2011

Multe din spusele lui Darwin sunt greşite, privite în detaliu. Dacă Darwin ar citi această carte, abia dacă şi-ar putea recunoaşte în ea propria teorie originală.

Richard Dawkins, 1976[195]

Viaţa nu a cucerit planeta prin luptă, ci prin cooperare.

Lynn Margulis, 1987

SOCIOBIOLOGIA

Încercarea de a explica altruismul şi colaborarea în termenii modelului neodarwinist i-a preocupat pe entomologi, zoologi, etologi, specialiştii în genetica populaţiilor şi alţi biologi încă de la formularea modelului, deoarece singurul comportament recunoscut de perspectiva neodarwinistă este competiţia. Problema a fost adusă în prim-plan de comportamentele sociale ale mai multor specii de insecte, motiv pentru care sociobiologia a fost lansată ca subdisciplină în 1975 de entomologul de renume mondial Edward O. Wilson prin publicarea volumului *Sociobiology: the New Synthesis*. În celebra sa carte, Wilson discută ipotezele avansate de specialişti din diferite domenii şi propune integrarea lor cu scopul de a produce „un studiu sistematic al fundamentului biologic al tuturor comportamentelor sociale“, inclusiv cel uman. Conform uneia dintre axiomele centrale ale ipotezei sale, comportamentul individului este modelat de genele sale şi deci este ereditar şi supus selecţiei naturale.[1]

Selecţia grupală

Pg.438

Cu mult timp înainte de elaborarea sintezei neodarwiniste, Darwin a recunoscut conflictul dintre ipoteza sa, care e înrădăcinată în egocentrismul competitiv, şi etica omenească. A ajuns astfel la concluzia că, deşi oamenii cu un standard înalt de moralitate sunt aproape complet dezavantajaţi faţă de ceilalţi indivizi din acelaşi trib, un trib care dispune de oameni gata să sară în ajutorul celorlalţi şi să se sacrifice pentru binele comun va înfrânge majoritatea celorlalte triburi, „iar asta reprezintă selecţie naturală“[2].

Deşi Darwin avusese în vedere ideea potrivit căreia comportamentul uman este guvernat de raţiune, în cartea sa din 1962 intitulată *Animal Dispersion in Relation to Social Behaviour* [„Răspândirea animalelor în raport cu comportamentul lor social“],

zoologul Vero Wynne-Edwards a aplicat ideea de selecţie grupală la comportamentul animalelor, susţinând că multe comportamente sunt mai degrabă adaptări ale grupului decât ale indivizilor.

Biologul evoluţionist teoretician George C. Williams a atacat această ipoteză în influenta sa carte pe care a publicat-o în 1966 sub titlul *Adaptation and Natural Selection* [„Adaptarea şi selecţia naturală"] unde susţine că „adaptările de la nivelul grupului de fapt nu există"[3].

Williams nu a criticat asocierea comportamentului animal instinctiv cu cel uman intenţional. Dimpotrivă, a aplicat abordarea reducţionistă atât în cazul animalelor, cât şi în cel al omului, declarând că „scopul reproducerii unui individ este [...] acela de a maximiza reprezentarea propriei plasme germinale în raport cu cea a restului indivizilor aceleiaşi populaţii"[4]. Williams a contribuit la fundamentarea unei perspective radicale asupra comportamentului centrat pe genă, adoptată ulterior de majoritatea sociobiologilor.

Altruismul bazat pe înrudire sau valoarea selectivă inclusivă

Nu ştiu dacă e vorba de un mit urban, dar se zice că această ipoteză îşi are originea într-un bar englezesc de la mijlocul anilor '50. Geneticianul J.B.S. Haldane a fost întrebat dacă şi-ar sacrifica viaţa pentru fratele său. După câteva calcule făcute pe loc, a răspuns că şi-ar sacrifica viaţa numai pentru cel puţin doi fraţi sau opt veri. Raţionamentul său era următorul: având în vedere că un frate posedă jumătate din totalul genelor sale, iar un văr de gradul întâi, doar o optime din acelaşi total, el ar putea asigura supravieţuirea unor copii ale propriilor gene numai dacă doi fraţi sau opt veri ar supravieţui în urma morţii sale.

Haldane a publicat aceste concluzii în 1955[5], însă abia în 1964 un alt genetician teoretician, William D. Hamilton[6], a exprimat această ipoteză sub forma unui model matematic complex bazat pe presupuneri referitoare la gene care ar determina indivizii să se comporte în concordanţă cu o formulă ce a ajuns să fie cunoscută drept regula lui Hamilton:

$$r \, x \, B > C$$

Unde *r* este gradul de înrudire genetică dintre altruist şi beneficiar, *B* este avantajul reproductiv (exprimat ca număr de urmaşi) dobândit de beneficiarul comportamentului altruist, iar *C* este costul (exprimat ca număr de urmaşi) suferit de individul care se comportă altruist.

În cazul fraţilor, *r* este 1/2, deoarece au în comun jumătate din gene, în timp ce pentru veri de gradul întâi *r* este de 1/8, deoarece au în comun o optime din gene. Altruismul bazat pe înrudire pretinde că

explică comportamentul altruist al oamenilor şi animalelor, precum în cazul furnicilor lucrătoare care renunţă la reproducerea proprie pentru a susţine reproducerea accentuată a reginei, mama lor.

Hamilton a numit acest proces „valoare selectivă inclusivă“ [*inclusive fitness*], pe care geneticienii teoreticieni au definit-o drept abilitatea unui organism de a-şi transmite genele în generaţia următoare. Potrivit lui Hamilton, organismul poate face acest lucru în mod direct, prin reproducere sexuată, transmiţând jumătate din genele sale fiecărui urmaş, sau o poate face indirect, prin favorizarea reproducerii unor gene identice din alte organisme. Astfel, valoarea selectivă inclusivă a acestui proces include atât metode directe, cât şi metode indirecte.

George Price, specialist american în chimie fizică, a elaborat o teoremă matematică menită să extindă şi să fundamenteze ideea lui Hamilton. Dar Price a recunoscut că demonstrarea matematică a ideii că altruismul este rezultatul tendinţei genelor de a-şi conserva copii ale lor însele prin intermediul relaţiilor de rudenie nu reprezintă o probă empirică a felului în care altruismul funcţionează în lumea reală. Pentru a demonstra acest lucru, Price a început să-şi împartă bunurile unor oameni cu care nu era înrudit genetic: omeni fără adăpost, alcoolici şi dependenţi de droguri. Într-un final, a fost evacuat din locuinţa pe care o închiriase şi, după ce a trăit în diferite adăposturi din nordul Londrei, s-a sinucis. [7]

Ipoteza altruismului bazat pe înrudire sau a valorii selective inclusive prezintă şase probleme principale.

În primul rând, nu se referă la comportamentul celor mai numeroase specii de pe planetă, organismele unicelulare, precum procariotele, care se reproduc prin formarea de clone proprii şi care pot utiliza transferul orizontal de gene pentru a dobândi gene noi sau a transmite gene diferitelor specii cu care pot să nu aibă nici o legătură de rudenie.

În al doilea rând, modelele matematice presupun că toţi membrii unui grup se vor comporta la fel dacă împărtăşesc aceleaşi gene. În realitate, relaţia dintre gene şi comportament este mult mai complexă. Variaţiile comportamentale dintre grupuri pot fi mari, chiar dacă variaţiile genetice dintre ele sunt mici.[8]

În al treilea rând, comportamentele celor mai multe animale folosite ca exemplu nu sunt altruiste. În societăţile insectelor, de exemplu, pierderea de către lucrătoare a capacităţii de reproducere pentru a ajuta regina să fie mai productivă este forţată, adesea cu cruzime196.

În al patrulea rând, se face confuzie între comportamentul animal instinctiv şi comportamentul uman intenţional.

În al cincilea rând, nu explică altruismul uman. Altruismul lui Price a fost excepţional numai ca amploare. Mulţi călugări şi călugăriţe adoptă în mod voluntar celibatul şi îşi dedică viaţa actelor altruiste fără să fie vorba de nici o transmitere directă sau indirectă a genelor în generaţia următoare. În plus, atunci când cineva din Anglia donează suma de 1.000 de lire victimelor cutremurului din 2010 din Haiti, nu are loc o transmitere directă sau indirectă a genelor în generaţia următoare.

În al şaselea rând, chiar dacă recunoaştem că majoritatea exemplelor unor astfel de acte la animale reprezintă mai degrabă colaborări forţate sau instinctive decât altruism, înrudirea genetică cu verii de gradul al doilea este de 1/128 (o genă la fiecare 128 de gene). La acest nivel, reproducerea indirectă a propriilor gene este minimă, iar dincolo de acest grad de înrudire este chiar neglijabilă. Şi totuşi există nenumărate exemple de colaborare între rude îndepărtate ale aceleiaşi specii, precum şi între membrii unor specii diferite[197].

„Altruismul reciproc”

Robert Trivers, sociobiolog teoretician de la Universitatea Harvard, a propus ideea de „altruism reciproc“ pentru a rezolva aceste două ultime probleme. În esenţă, el susţine că animalele şi oamenii au comportamente altruiste deoarece gestul lor va fi răsplătit în viitor.

Influentul său articol din 1971 *„The Evolution of Reciprocal Altruism”*[9], dezvoltă regula lui Hamilton prin apelul la calcule matematice ale beneficiilor şi costurilor nete presupuse de actele altruiste ale fiecărui individ, controlate de gene diferite cu frecvenţe diferite la nivelul populaţiilor în momente diferite. Prin stabilirea unor costuri cât mai reduse pentru altruist şi a unor avantaje cât mai mari pentru beneficiari, Trivers susţine că profitorii (indivizii ce beneficiază de altruism fără a răspunde cu acelaşi gest) pot fi iniţial avantajaţi; totuşi, selecţia naturală îi va favoriza în mai mare măsură pe indivizii care îi evită pe profitori şi care colaborează cu cei ce i-au susţinut în trecut. Trivers foloseşte trei exemple pentru a-şi fundamenta ipoteza: (1) simbiozele bazate pe curăţare, (2) strigătele de avertizare la păsări şi (3) altruismul reciproc uman.

Pg.441

Ipoteza este însă construită pe o eroare conceptuală fundamentală. Definiţia universal acceptată a altruismului ar putea fi rezumată astfel:

> **altruism** Comportament caracterizat printr-o preocupare dezinteresată pentru binele celorlalţi.

„Altruismul reciproc" este o contradicţie în termeni. Dacă un gest este apoi răsplătit nu mai poate fi considerat un act altruist. Se transformă în ceea ce Kropotkin descria cu aproape 70 de ani în urmă drept ajutor reciproc.

Simbioza bazată pe curăţare, discutată în capitolul 19, este un exemplu de ajutor reciproc între specii diferite: ca în cazul peştilor din specia Labroides dimidiatus, care se hrănesc cu paraziţii din gura unor peşti prădători de talie mare. Beneficiile pentru ambele părţi sunt realizate imediat, şi nu întârziate, după cum dă de înţeles ipoteza lui Trivers; el nu oferă nici o dovadă în favoarea discriminării profitorilor sau a colaborării selective cu indivizi care au ajutat în trecut.

Al doilea caz a fost studiat de Kropotkin: câteva păsări au rol de santinelă pentru restul stolului care se hrăneşte, iar când emit semnale de avertizare santinelele atrag atenţia prădătorilor asupra lor, devenind mai vulnerabile. Nici în acest caz Trivers nu aduce dovezi că o pasăre nu ar acţiona ca santinelă pentru păsările care au refuzat să joace acest rol în trecut sau că acţionează numai pentru cele care au jucat acest rol în trecut.

În al treilea caz, Trivers nu face deosebire între ajutorul reciproc dintre oameni, ca în cazul societăţilor bazate pe cooperare, şi altruism. Exemplul britanicului altruist care donează 1.000 de lire victimelor cutremurului din Haiti respinge nu numai ipoteza altruismului bazat pe înrudire, ci şi ideea de „altruism reciproc": nici o persoană care donează bani într-un astfel de caz nu se aşteaptă ca victimele să răspundă cu un gest similar în viitor.

În ciuda acestor deficienţe conceptuale, articolul lui Trivers a avut un mare impact printre sociobiologi. Ideile sale, împreună cu cele ale lui Hamilton, Price şi Williams, au consolidat abordarea centrată pe genă şi au stimulat apariţia unei multitudini de lucrări teoretice pe care figura 23.1 le rezumă sub forma unei matrice alcătuite din patru comportamente bazate pe câştigul şi pierderea valorii selective a actorului şi beneficiarului. Comportamentul în care atât actorul, cât şi beneficiarul câştigă este cooperant, cel în care actorul pierde şi beneficiarul câştigă este altruist, cel în care atât actorul, cât şi beneficiarul pierd este duşmănos, iar cel în care actorul câştigă şi beneficiarul pierde este egoist.

Teoria jocurilor

Pg.442

Pentru a-şi susţine ipotezele, mulţi sociobiologi invocă teoria jocurilor. Această teorie a fost dezvoltată în principal de matematicianul John von Neumann şi economistul Oskar Morgenstern în cartea lor din 1944 *The Theory of Games and Economic Behavior* [„Teoria jocurilor şi comportamentul economic"], pentru a prezice comportamentul economic; a fost de asemenea folosită pentru a concepe strategii militare după cel de-al Doilea Război Mondial. Un joc presupune minimum doi jucători aflaţi într-o situaţie competitivă. În esenţă, fiecare jucător are la dispoziţie câteva opţiuni stabilite de

creatorul jocului şi joacă după reguli alese de acelaşi creator, cu obiectivul de a-şi maximiza propriile recompense sau de a reduce recompensele celorlalţi jucători.

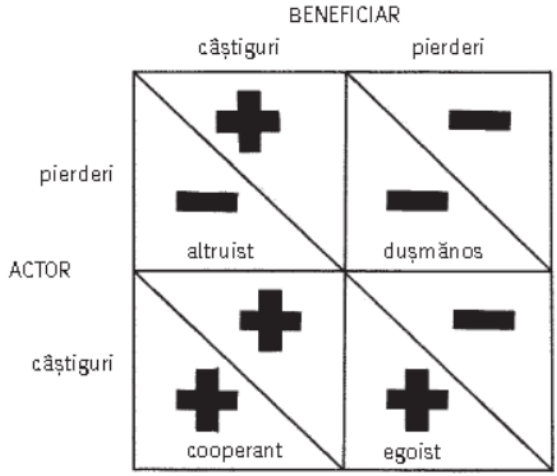


Figura 23.1 Matrice sociobiologică ce cuprinde patru tipuri fundamentale de comportament privite ca pierderi (-) şi câştiguri (+) ale valorii selective de care au parte actorul şi beneficiarul.

Cu numărul lor arbitrar de jucători, opţiuni, reguli, recompense şi penalizări, astfel de jocuri teoretice pot fi evaluate numai prin succesul predicţiilor lor. Palmaresul lor ca jocuri de război concepute de Pentagon şi aplicate în Coreea, Vietnam, Cambodgia, Irak şi Afganistan, şi ca instrumente de analiză economică, unde nu au reuşit să prezică prăbuşirea pieţei ipotecare, pierderea lichidităţilor marilor bănci, criza financiară globală din 2007-2008 şi creşterea Chinei ca putere economică, nu ne inspiră prea multă încredere.

Jocul folosit de cei mai mulţi sociobiologi este dilema prizonierului, pe care Hamilton şi specialistul în ştiinţe politice Robert Axelrod obişnuiau s-o folosească pentru a arăta cum cooperarea este favorizată în cadrul grupurilor sociale. În cazul clasic, doi prizonieri sunt acuzaţi, să zicem, de jaf armat, pentru care ar trebui să primească o condamnare de 10 ani. Regulile spun că procurorul nu are suficiente dovezi pentru a-i acuza fără o mărturisire, şi astfel îi ţine în încăperi separate şi

îi oferă fiecărui prizonier posibilitatea de a mărturisi sau nu, fără să ştie alegerea celuilalt prizonier. Dacă vor mărturisi amândoi, vor primi o sentinţă redusă la, să zicem, 6 ani. Dacă nici unul din ei nu va mărturisi, fiecare va fi acuzat pentru o infracţiune mai mică, de pildă posesie ilegală de arme, şi vor avea de executat câte 2 ani. Dacă prizonierul A mărturiseşte şi celălalt nu o face, atunci prizonierul A va fi recompensat prin eliberare, în timp ce probele oferite de acesta vor servi la condamnarea prizonierului B, care va primi întreaga sentinţă

de 10 ani. Acelaşi lucru se aplică şi în cazul prizonierului B.

Prizonierul A va fi avantajat dacă mărturiseşte, indiferent ce va face prizonierul B; acelaşi lucru este valabil şi în cazul prizonierului B. Prin urmare, un prizonier raţional care acţionează în propriul său interes va mărturisi. Totuşi, într-o societate alcătuită din doi prizonieri, rezultatul social dictat de cazul în care fiecare prizonier îşi urmăreşte propriul interes este cel mai rău dintre toate (rezultând o pedeapsă de câte 6 ani pentru fiecare, în total 12 ani). Dacă cei doi prizonieri cooperează şi nici unul nu mărturiseşte, rezultatul social va fi cel mai bun (atunci vor primi fiecare câte 2 ani, adică un total de 4 ani). Prin urmare, cooperarea aduce beneficii societăţii şi este favorizată.

Rezultă că actul cooperării este favorizat atunci când cei doi prizonieri nu acţionează raţional, în propriul interes. Acest fapt contrazice principiul neodarwinist potrivit căruia evoluţia este impulsionată de interesul personal competitiv.

Axelrod a formulat ulterior o versiune mai sofisticată, „dilema prizonierului iterată“, în care jocul este simulat în mod repetat pe un computer astfel încât, de exemplu, fiecare alegere a unui jucător depinde de alegerea anterioară a celuilalt jucător.

Chiar şi în acest caz prizonierilor nu li se permite să comunice între ei atunci când decid cum să acţioneze. Dar cooperarea înseamnă muncă în comun, ceea ce necesită comunicare între cooperatori. Blocarea comunicării înseamnă blocarea cooperării, ceea ce ne arată că jocul este absurd.

În general, prin proiectarea unor reguli ale jocului şi stabilirea valorilor numerice specifice pentru recompense şi penalizări se poate demonstra că ambii jucători pot coopera din interese egoiste sau că unul din jucători va fi interesat să acţioneze altruist din motivul pur egoist că va avea de câştigat pe termen lung. Sociobiologii au adaptat aceste jocuri pentru a explica nu numai comportamentul oamenilor, ci şi pe cel al animalelor.

Într-un grup de animale nu există doar doi membri, şi cu atât mai puţin două gene, care să joace după regulile simpliste întocmite de vreun Proiectant de Reguli transcendent care oferă fiecărui jucător numai două alternative şi nici o interacţiune cu alţi membri ai grupului, cu alte specii sau cu

mediul înconjurător. Aceste jocuri, create în anii ’70, reprezintă realitatea în aceeaşi măsură în care o făceau celelalte jocuri care rulau pe computerele ZX Spectrum de 16 kilobiţi sau Commodore 64 din acea epocă. Şi totuşi biologii evoluţionişti încă le mai folosesc şi astăzi.

Dovezile empirice

Cât despre dovezile empirice, exemplul emblematic al „altruismului reciproc" sunt liliecii vampiri. La începutul anilor 1980, behavioristul Gerald S. Wilkinson, pe atunci la Universitatea din California, San Diego, a făcut un studiu asupra acestor lilieci care regurgitează o parte din sângele consumat de la diferite mamifere pentru a hrăni alţi lilieci care nu au reuşit (sau pe care Wilkinson i-a împiedicat să) să se hrănească. Wilkinson a ajuns la concluzia că împărţirea hranei depinde în mod egal şi în mod independent atât de gradul de rudenie, cât şi de un indice de oportunitate a reciprocităţii, şi că reciprocitatea operează în cadrul grupului alcătuit atât din rude, cât şi din indivizi neînrudiţi.[10]

Totuşi, datele sale nu oferă exemple cu lilieci vampiri ce ar refuza să-i hrănească pe alţii care anterior au refuzat să-şi împartă hrana cu ei; şi nici nu explică cum ar putea aceste animale să-şi dea seama că gestul lor va fi răsplătit în viitor. Datele sugerează mai degrabă că hrana este împărţită între părinţi şi pui, iar în alte cazuri este determinată în mare măsură de nevoile indivizilor subnutriţi, care nu ar rezista fără hrană mai mult de două nopţi consecutive.

Psihologul şi biologul evoluţionist Marc Hauser şi colegii săi de la Universitatea Harvard au trecut în revistă experimente mai recente în care s-a încercat antrenarea stăncuţelor şi cimpanzeilor în jocul dilemei prizonierului, la care au adăugat experimentele lui Hauser cu maimuţe tamarin neînrudite genetic, pentru a oferi dovezi empirice în favoarea „altruismului reciproc".

O problemă în acest caz e aceea că Universitatea Harvard a confirmat în 2010 că o anchetă de trei ani l-a găsit pe Hauser vinovat de conduită ştiinţifică inadecvată. Acuzaţiile includeau falsificarea datelor referitoare la comportamentul maimuţelor cercetate. Biroul de Integritate în Cercetare al Statelor Unite a conchis în 2012 că Hauser se face vinovat de conduită ştiinţifică necorespunzătoare, că a fabricat datele unui studiu şi că a descris în mod fals metodologia altor studii. Hauser nici nu a recunoscut şi nici nu a negat acuzaţiile care i s-au adus, dar a demisionat din funcţie.[11]

Într-un articol publicat în 2009, Hauser şi colegii săi au ajuns la concluzia că

> Darwin ştia că altruismul şi moralitatea în general reprezintă veritabile enigme în lumina teoriei sale referitoare la selecţia naturală. Din punctul de vedere al genei, aceste acţiuni altruiste nu mai reprezintă o provocare pentru logica lui Darwin. Costurile altruismului sunt neutralizate fie prin înrudire, fie în virtutea perspectivei unor relaţii de reciprocitate altruistă. *Oricât de valabilă ar părea să fie, această perspectivă teoretică nu reuşeşte*

în mare parte să explice absenţa altruismului reciproc şi a comportamentului duşmănos în rândul vertebratelor sociale [sublinierea îmi aparţine].[12]

Adică modelul teoretic nu reuşeşte să explice ceea ce se observă.

Stuart West şi colegii săi au confirmat acest lucru în 2011, după o evaluare a literaturii de specialitate. „În general, după 40 de ani de entuziasm, nu avem un exemplu clar de reciprocitate la speciile nonumane.“[13]

Cât despre comportamentul duşmănos (vezi figura 23.1), Andy Gardner şi colegii săi de la Universitatea din Ontario au dezvoltat un model teoretic pentru viespile poliembrionice (identice genetic). Ele produc soldaţi care nu le apără, însă acţionează ca mediatori (emiţătorul pierde) şi care sunt sterile (receptorul pierde). Cu o dexteritate semantică de care George Orwell ar fi fost mândru, ei susţin că acest model este „candidatul ideal pentru comportamentul duşmănos", dar „sunt valabile şi alte interpretări, precum altruismul sau altruismul indirect"[14].

Concluzia lui Edward O. Wilson cu privire la selecţia pe bază de înrudire se aplică atât în cazul „altruismului reciproc“, cât şi în cazul oricăruia dintre modelele matematice construite pentru a explica patru tipare fundamentale ale comportamentului animal şi uman. Este „construită în aşa fel încât să se ajungă la aproape oricare rezultat imaginabil şi drept urmare este în mare măsură lipsită de conţinut. Parametrii săi abstracţi pot fi re- formulaţi în aşa fel încât să se potrivească oricărui set de date empirice, fără însă a putea să le şi prezică în detaliu"[15].

Gena egoistă

Richard Dawkins a popularizat şi a dezvoltat abordarea centrată pe genă cu precădere în două cărţi: *Gena egoistă* (1976) şi *Fenotipul extins* (1982).

Dawkins explică: „Argumentul din [*Gena egoistă*] este că noi şi toate celelalte animale suntem maşini create de propriile gene“. Competiţia ce se petrece în natură nu se desfăşoară între organisme, ci între gene, al căror scop este supravieţuirea şi reproducerea. „Voi demonstra că o însuşire predominantă, la care trebuie să ne aşteptăm în cazul unei gene reuşite, este un egoism nemilos."[16]

Adesea poreclit rottweilerul lui Darwin, Dawkins este suficient de sincer pentru a admite că Darwin cu greu şi-ar fi recunoscut propria teorie în ipoteza genei egoiste, aşa cum ne arată citatul de la începutul capitolului. Totuşi, el susţine că este „o consecinţă logică a neodarwinismului ortodox". Cred că poate fi descris cel mai bine drept

ultradarwinism Orice ipoteză care foloseşte ideea de

evoluţie prin selecţie naturală a unor lucruri care nu sunt organisme şi în cadrul căreia efectele cumulative produse de-a lungul mai multor generaţii de micile variaţii aleatorii ale caracteristicilor acelor lucruri (sau ale caracteristicilor cauzate de acele lucruri) le fac să fie din ce în ce mai bine adaptate pentru a concura în vederea supravieţuirii şi reproducerii în propriul mediu înconjurător.

O singură genă egoistă „încearcă să devină mai numeroasă în fondul genetic"[17]. Acest egoism al genei „va da naştere, cel mai adesea, egoismului în comportamentul individual. Cu toate acestea, [...] există împrejurări speciale, în care o genă îşi poate atinge cel mai bine scopurile sale egoiste adoptând o formă limitată de altruism, la nivelul animalelor privite ca organisme individuale. «Speciale» şi «limitată» sunt cuvinte importante în fraza anterioară"[18].

Aceste excepţii speciale şi limitate sunt altruismul bazat pe înrudire şi „altruismul reciproc", discutate mai sus, în care genele îşi pot atinge obiectivul egoist prin favorizarea supravieţuirii şi reproducerii genelor identice din alte corpuri.

În plus, „nu toate efectele fenotipice ale unei gene se opresc la limita corpului individual în care se află ea. În principiu cu siguranţă, dar şi în fapt, gena trece dincolo de zidul corpului individual şi manipulează obiecte din lumea exterioară, unele dintre acestea fiind lucruri neînsufleţite, unele fiind alte fiinţe vii şi, în sfârşit, unele aflându-se la mare depărtare [...]. Lunga rază de acţiune a genei nu are hotare vizibile"[19].

De exemplu, deşi „nu e întru totul limpede care-i scopul darwinist [al stăvilarului făcut de un castor], cu siguranţă *trebuie* să existe unul de vreme ce castorii cheltuiesc atât timp şi energie pentru construirea lui [.] un lac de castori [.] este un fenotip, nu mai puţin decât dinţii şi coada de castor, şi a evoluat sub influenţa selecţiei darwiniste. Aici selecţia *trebuie* să se fi făcut între lacuri bune şi lacuri rele. [.] Lacurile de castor sunt efecte fenotipice extinse ale genelor de castor [sublinierile îmi aparţin]."[20] Trebuie să recunosc că nu îmi este pe deplin limpede de ce aceste lucruri trebuie să fie astfel; afirmaţiile fără susţinere nu sunt nici ştiinţifice şi nici logice.

Folosesc mai multe citate decât de obicei deoarece Dawkins se plânge adesea că scepticii nu deschid niciodată Gena egoistă. Iar dacă cineva m-ar acuza că citez ideile din ediţia publicată în 1976 (actualizate în cea din 1986, pe care o şi folosesc), în 2006 Dawkins declara că „există puţine lucruri pe care m-aş grăbi să le elimin acum sau pentru care să mă scuz"[21].

În ciuda acestei declaraţii, ipoteza genei egoiste nu este lipsită de unele probleme teoretice şi empirice.

Genele egoiste sunt segmente de ADN care codifică proteine. Dawkins nu consideră că restul de 98% din ADN-ul genomului uman este deşeu, ci spune: „Calea cea mai simplă de a explica surplusul de ADN este aceea de a presupune că acesta este un parazit sau cel în cel mai bun caz un inofensiv, dar inutil pasager ce face autostopul în maşinile de supravieţuire create de alte molecule de ADN“[22]. Deşi o fi cea mai simplă, această explicaţie este greşită. Cea mai mare parte a acestui ADN este implicată în reţele care reglează genele, iar acest proces determină fenotipul unui organism la fel de mult precum genele[198].

Dawkins spune totuşi că „dacă ne îngăduim licenţa de a vorbi despre gene ca şi cum ele ar urmări nişte scopuri conştiente, asigurându-ne mereu însă că putem retraduce, dacă dorim, limbajul nostru aproximativ în termeni respectabili"[23]. Dar el nu îşi retraduce niciodată limbajul aproximativ în termeni respectabili şi nu explică nici ce metaforă reflectă gena egoistă, dacă într-adevăr e vorba de o metaforă, şi nici ce anume determină genele să se comporte ca şi cum ar fi egoiste. De fapt, susţine că „unitatea fundamentală, primul motor al vieţii, este replicatorul [...] corpul individual [...] nu trebuia neapărat să existe"[24]. Filozoful Peter Koslowski conchide că Dawkins „atribuie genelor aspiraţie, intenţionalitate şi conştiinţă. În felul acesta, cade într-un animism genetic, ce presupune că genele sunt capabile să perceapă şi să decidă"[25].

Gould face o critică asemănătoare: „Identificarea greşită a replicatorilor drept agenţi cauzali ai selecţiei - fundamentul abordării centrate pe gene - se sprijină pe o eroare logică cel mai bine caracterizată ca o confuzie între contabilitate şi cauzalitate."[26]

Lăsând la o parte erorile conceptuale ale faptului de a atribui intenţii segmentelor unui acid (ADN, acid dezoxiribonucleic), testarea ştiinţifică a ipotezei genei egoiste constă în fundamentarea ei pe dovezi.

Folosind limbajul lui Dawkins, genele cancerului sunt cele mai de succes gene egoiste. Ele determină celulele pe care le ocupă să se înmulţească incontrolabil, producând un număr uriaş de copii. Pot să fie atât de eficiente, încât corpul, maşina lor de supravieţuire, moare. E greu de înţeles cum am avea de-a face în acest caz cu un succes real.

La un moment dat, în capitolul 3 al Genei egoiste, Dawkins recunoaşte că, în dezvoltarea embrionară, genele „colaborează şi interacţionează în modalităţi complexe şi inextricabile, atât unele cu celelalte, cât şi cu mediul lor extern"[27]. Şi totuşi, în restul cărţii se reîntoarce la teza sa că „gena este unitatea de bază a egoismului"[28], iar exemplele menţionate presupun că fiecare genă codifică o trăsătură. Totuşi, cele mai multe trăsături apar din cooperarea unui număr mare de gene[199]. Această dovadă empirică a colaborării

genelor (nu una de tipul unor excepţii speciale şi limitate) contrazice axioma competiţiei dintre gene presupusă de ipoteză.

Pg.448

Înainte de a deveni un popularizator al ştiinţei, Dawkins a fost etolog (teza sa de doctorat, condusă de Niko Tinbergen, se numea „Selective Pecking in the Domestic Chick“ [„Ciugulitul selectiv la puiul de găină“]), astfel încât s-ar putea considera că se află pe un teren mai sigur atunci când caută date empirice despre comportament. El spune că „Dacă C este fratele meu geamăn identic [şi deci are acelaşi genom cu al meu], atunci i-aş acorda de două ori mai multă grijă decât oricăruia dintre copiii mei; [care au jumătate din genele mele]; efectiv, nu aş preţui viaţa lui mai puţin decât pe a mea“[29]. Această predicţie a teoriei genei egoiste este contrazisă de dovezile referitoare la comportament. Dawkins încearcă să rezolve contradicţia spunând că este posibil ca animalele să nu fie sigure de legăturile lor de rudenie. Cum se aplică această explicaţie la comportamentul uman?

Dawkins foloseşte argumentul lui Trivers: din cauză că masculul produce un număr mare de spermatozoizi de dimensiuni mici, în timp ce femela produce un număr mic de ovule relativ mari, masculul e înclinat să lase sarcina creşterii puilor în seama femelei, astfel încât să poată pleca în căutarea altor oportunităţi de a produce cât mai multe copii ale genelor sale prin împerecherea cu cât mai multe femele. „După cum vom vedea, această stare de lucruri este realizată de către masculii unui număr de specii, dar la alte specii masculii sunt obligaţi să împartă în mod egal cu femelele povara creşterii copiilor."[30] În sensul în care unele dovezi susţin afirmaţiile cu privire la masculi, în timp ce altele le contrazic. În realitate, în afara speciilor monogame, în cazul unor specii de pasăre, cum este cazul notătiţei (o mică pasăre de apă), femelele lasă masculul să clocească ouăle şi să îngrijească puii.

Dawkins admite că la speciile care trăiesc în turme sau cete o femelă neînrudită poate adopta un pui orfan: „În majoritatea cazurilor ar trebui să privim adopţia ca pe un rateu al unei reguli constitutive. Aceasta deoarece, având grijă de orfan, femela generoasă nu face genelor sale nici un bine. [...] E de *presupus* că o astfel de eroare se iveşte prea rar pentru ca selecţia naturală să se fi «deranjat» ca să modifice regula, făcând instinctul matern ceva mai selectiv [sublinierea îmi aparţine]"[31]. Pare să fie mai curând o nechibzuinţă din partea selecţiei naturale, orice ar fi aceasta.

Alte dovezi recunoscute de Dawkins într-un documentar realizat de el în 2009 pentru Channel 4 contrazic de asemenea ipoteza genei egoiste, dar în loc să schimbe ipoteza pentru a explica astfel de contradicţii, Dawkins le atribuie unor „rateuri" ale genelor fără să

explice ce anume poate produce astfel de rateuri.[32]

Gena genială

Biologul evoluţionist Joan Roughgarden, de la Universitatea Stanford, a folosit la rândul său teoria jocurilor, dar de data asta pentru a contesta afirmaţiile lui Trivers în legătură cu grija parentală şi ipoteza genei egoiste. Ea a recurs la un joc economic diferit, ale cărui reguli le permit jucătorilor să comunice, să negocieze şi plătească compensaţii. În 2009, a publicat *The Genial Gene: Deconstructing Darwinian Selfishness* [„Gena genială: demontarea egoismului darwinist“], în care conchide că numai printr-un grad ridicat de cooperare părinţii îşi pot creşte cu succes urmaşii, crescându-şi astfel valoarea selectivă.[33]

E tentant să consideri că rezultatul modelului lui Roughgarden ilustrează a treia lege newtoniană a biologiei: Pentru fiecare model matematic al biologiei există un model egal şi opus.

Selecţia pe mai multe niveluri

În 2010, Edward O. Wilson a avut perspicacitatea şi curajul să spună că a greşit şi că sociobiologia mersese pe un drum greşit în anii ’60. El şi Davin Sloan Wilson (nici o legătură de rudenie) au ajuns în mod independent la ideea selecţiei pe mai multe niveluri. Această ipoteză susţine că selecţia naturală nu acţionează la un singur nivel privilegiat, fie că e vorba de genă, de celulă, de organism, de grup sau de ecosistem. În lumea complexă a biologiei, un nivel poate să fie mai important decât altul, dar un astfel de nivel se schimbă pentru fiecare specie odată cu trecerea timpului şi cu schimbarea mediului. În plus, tranziţiile evolutive importante se produc atunci când se petrece o modificare a nivelului de selecţie: de exemplu, atunci când celulele individuale eucariote colaborează pentru a forma organisme pluricelulare. Acelaşi lucru s-a întâmplat şi în cazul insectelor eusociale, când selecţia naturală a trecut de la nivelul individual la cel al societăţilor bazate pe cooperare şi alcătuite dintr-un cap (regina) şi din grupuri de insecte specializate; societatea insectelor se comportă precum un organism individual pluricelular.

Neodarwiniştii şi ultradarwiniştii au atacat această ipoteză - Richard Dawkins cu o asprime deosebită[34] - care oferă o explicaţie a evoluţiei biologice concordantă cu ipoteza ajutorului reciproc şi cu cea a simbiogenezei prezentate în secţiunea următoare.

Modelele matematice ale sociobiologilor, care amplifică principiile neodarwiniste, constituie explicaţia tradiţională actuală a acelor comportamente sociale ce contrazic paradigma competiţiei. Aceste modele pot fi o unealtă puternică pentru a indica legi naturale mai

profunde atunci când sunt folosite pentru a trasa tipare ale comportamentelor

Pg.450

efective, iar ecuaţiile matematice pot exprima într-un mod elegant legi naturale dovedite şi pot prezice comportamentul viitor al unui sistem atunci când parametrii acelui sistem sunt cunoscuţi. Însă biologia nu va avea de câştigat dacă se vor folosi în continuare ecuaţii sau teorii ale jocurilor din anii ’50, care nu au legătură cu realitatea biologică, pot fi proiectate în aşa fel încât să producă orice rezultat, nu au valoare predictivă şi sunt contrazise de observarea comportamentelor animalelor aflate în libertate şi ale oamenilor.

COLABORAREA

În opinia lui Stuart West, colaborarea reprezintă una dintre cele mai mari provocări pentru ştiinţele biologice şi cele sociale, însă aceasta este o problemă autoimpusă, generată de adoptarea modelului neodarwinist, care se bazează pe competiţie. Următoarele două ipoteze rezolvă această problemă prin simpla recunoaştere a faptului că evoluţia biologică este în mai mare măsură determinată de colaborare decât de competiţie.

Ajutorul reciproc

Într-un document intitulat „*The Evolution of Society*“, rezultat în urma unei conferinţe de două zile desfăşurată sub patronajul Societăţii Regale în 2009, patru specialişti de frunte din domeniul biologiei au citat pasaje din Darwin în care acesta afirmă că multe animale trăiesc în grupuri şi cooperează.[35] Capitolul 16 al cărţii de faţă arată că Darwin face aceste observaţii într-un capitol din *Descendenţa omului*, în care spune că acele „comunităţi care includ cel mai mare număr de membri cu simpatie reciprocă vor propăşi cel mai bine şi vor avea cel mai mare număr de descendenţi". Dar tot în capitolul 16 se arată şi că cea mai mare parte a cărţilor lui Darwin contrazic această perspectivă şi pledează în favoarea ideii că întreaga natură se află în stare de război, cele mai dure lupte competitive petrecându-se între membrii aceleiaşi specii sau ai unor specii asemănătoare. Acesta este fundamentul ipotezelor darwiniste şi neodarwiniste.

Articolul introductiv din „*The Evolution of Society*“ susţine că Darwin „a anticipat de obicei dezvoltări teoretice [cu privire la evoluţia societăţilor animale şi umane] care s-au concretizat abia după o sută de ani“ şi că nu a apărut vreun studiu comparabil până la începutul anilor ’60. Piotr Kropotkin nu e pomenit nicăieri.

Aşa cum am văzut în capitolul 16, cartea lui Kropotkin *Mutual Aid: A Factor of Evolution* (publicată pentru prima oară în Anglia în 1902 şi cu o ediţie definitivă în 1914) oferă numeroase dovezi obţinute de la

diferite specii animale ce susţin ipoteza că animalele care sunt selectate natural - cele care supravieţuiesc cel mai mult şi se reproduc cel mai mult - adoptă strategii de evitare a competiţiei: ele colaborează

Pg.451

pentru a-şi asigura subzistenţa, pentru a se proteja de prădători, pentru a migra temporar sau permanent în alte habitate mai favorabile şi pentru a-şi creşte şi uneori a-şi antrena puii[200]. Kropotkin conchide: „Cele mai adaptate animale sunt astfel şi cele mai sociabile, iar sociabilitatea pare să fie principalul factor al evoluţiei, atât în mod direct, prin asigurarea bunăstării speciei şi diminuarea pierderilor de energie, cât şi indirect, prin favorizarea creşterii inteligenţei."[36]

În capitolul 19, după examinarea dovezilor actuale cu privire la comportamentul speciilor, am ajuns la concluzia că acestea încă susţin ipoteza lui Kropotkin:

> În cadrul fiecărei clase, creşterea învăţării sociale se corelează cu creşterea complexităţii creierului, însoţită la rândul său de o inteligenţă crescută ce se măsoară prin inventarea mai multor soluţii noi pentru diverse probleme[201].

Şi că în general

> Colaborarea joacă un rol mai important decât competiţia în supravieţuire şi propagarea vieţii, mergând de la gene, organisme unicelulare, organitele din celulele eucariote, celulele eucariote din organismele pluricelulare până la comportamentul plantelor şi animalelor, de la insecte la primate[202].

Simbiogeneza

Capitolul 16 subliniază ipoteza simbiogenezei concepută de Konstantin Merejkovski, Ivan Wallin şi alţii la începutul secolului XX prin adoptarea unor idei despre simbioză formulate în deceniile anterioare[203]. În esenţă, acest proces evoluţionist începe cu simbioza.

> **simbioză** Asocierea fizică a două sau mai multe tipuri de organisme pe parcursul celei mai mari părţi a vieţii unuia dintre ele.

În unele cazuri, interacţiunile lor metabolice duc la endosimbioză.

> **endosimbioză** Asociere în care un organism mai mic trăieşte în interiorul unui organism mai mare, de obicei în condiţii de colaborare, fiecare organism hrănindu-se cu excreţiile metabolice ale celuilalt, fapt care poate duce la simbiogeneză.

Pg.452

> **simbiogeneză** Unirea a două sau mai multe tipuri de organisme pentru a forma un nou tip de organism.

După aproape 40 de ani, o asistentă adjunctă de la departamentul de biologie al Universităţii din Boston, Lynn Margulis (pe atunci

cunoscută drept Lynn Sagan), a dezvoltat această ipoteză. Articolul său a fost respins de cel puţin 15 reviste de specialitate înainte ca *Journal of Theoretical Biology* să-l publice în 1967. Ea şi-a dezvoltat ideile într-o carte publicată în 1970 şi intitulată *Origin of Eukaryotic Cells* [„Originea celulelor eucariote“].[37] La fel ca în cazul ipotezelor lui Kropotkin şi ale primilor susţinători ai simbiogenezei, contribuţia lui Margulis a fost respinsă sau ignorată de neodarwiniştii care dominau biologia evoluţionistă.

Bazându-se pe studiile făcute pe bacteriile şi pe protoctistele actuale (specii de eucariote unicelulare şi descendenţii lor pluricelulari, lipsiţi de ţesuturi specializate, cum este varecul gigantic), care trăiesc într-un mediu anaerob (sau lipsit de oxigen), Margulis a ajuns la concluzia că, spre sfârşitul erei arhaice (acum 3,8 până la 2,5 miliarde de ani), când exista foarte puţin oxigen liber în oceane şi în atmosferă, strămoşii bacterieni acvatici ai spirocheţilor actuali s-au ataşat de arheobacterii (numite în general arhee), ce trăiau în- tr-un mediu bogat în sulf, pentru a forma o asociere simbiotică în care fiecare se hrănea cu produsul excreţiilor metabolice ale celuilalt. Unii spirocheţi arhaici au străpuns membrana arheobacteriilor în căutarea unor mijloace de subzistenţă. Parazitismul acestor strămoşi ai spirocheţilor a provocat probabil moartea multor arheobacterii, dar în alte cazuri asocierea s-a transformat într-o endosimbioză şi, după milioane de ani, în simbiogeneză, în care ADN-ul celor două organisme a fuzionat.

În era proterozoică (acum 2,5 miliarde până la 540 de milioane de ani), această fuziune a generat câteva consecinţe evolutive: creşterea unei membrane în jurul genomului combinat pentru a forma un nucleu celular, apariţia organitelor pentru motilitate celulară (mişcare independentă), precum cilii şi flagelii; apariţia mitozei, prin care cromozomul nuclear este copiat, iar nucleul şi celula se divid pentru a produce două noi celule identice din punct de vedere genetic cu celula iniţială. În unele celule, cromozomii s-au reprodus o singură dată, dar nucleul şi citoplasma s-au divizat de două ori, formând patru celule sexuale - ovule sau spermatozoizi -, fiecare dintre ele conţinând câte jumătate din numărul de cromozomi ai celulei iniţiale şi facilitând astfel reproducerea sexuată în care o celulă sexuală se uneşte cu o celulă sexuală complementară a altui organism pentru a crea un individ nou ce posedă gene de la ambii părinţi.

Aceste noi organisme nucleate de dimensiuni mai mari erau protoctiste anaerobe, aflate la originea tuturor eucariotelor. În aceeaşi eră proterozoică s-au produs o a doua şi o a treia fuziune simbiotică, în urma cărora au apărut trei regnuri: animalele, fungii şi plantele (vezi figura 23.2).

A doua fuziune s-a petrecut între protoctistele nucleate anaerobe şi bacteriile care au devenit aerobe. În acest caz, au rezultat protoctiste aerobe în care bacteriile, anterior independente, au devenit mitocondrii. Incapacitatea de a se separa a unora dintre aceste celule capabile de reproducere a condus la formarea mai multor tipuri de eucariote pluricelulare. Unele au pierdut abilitatea de a se deplasa independent, formând rădăcina regnului fungilor. Altele şi-au păstrat motilitatea şi au format rădăcina regnului animal. Unirea unei celule sexuale (spermatozoidul) capabilă de mişcare cu o celulă care şi-a păstrat capacitatea de diviziune, dar nu şi motilitatea (ovulul) a condus la apariţia reproducerii sexuate dintre doi indivizi.

Pg.454

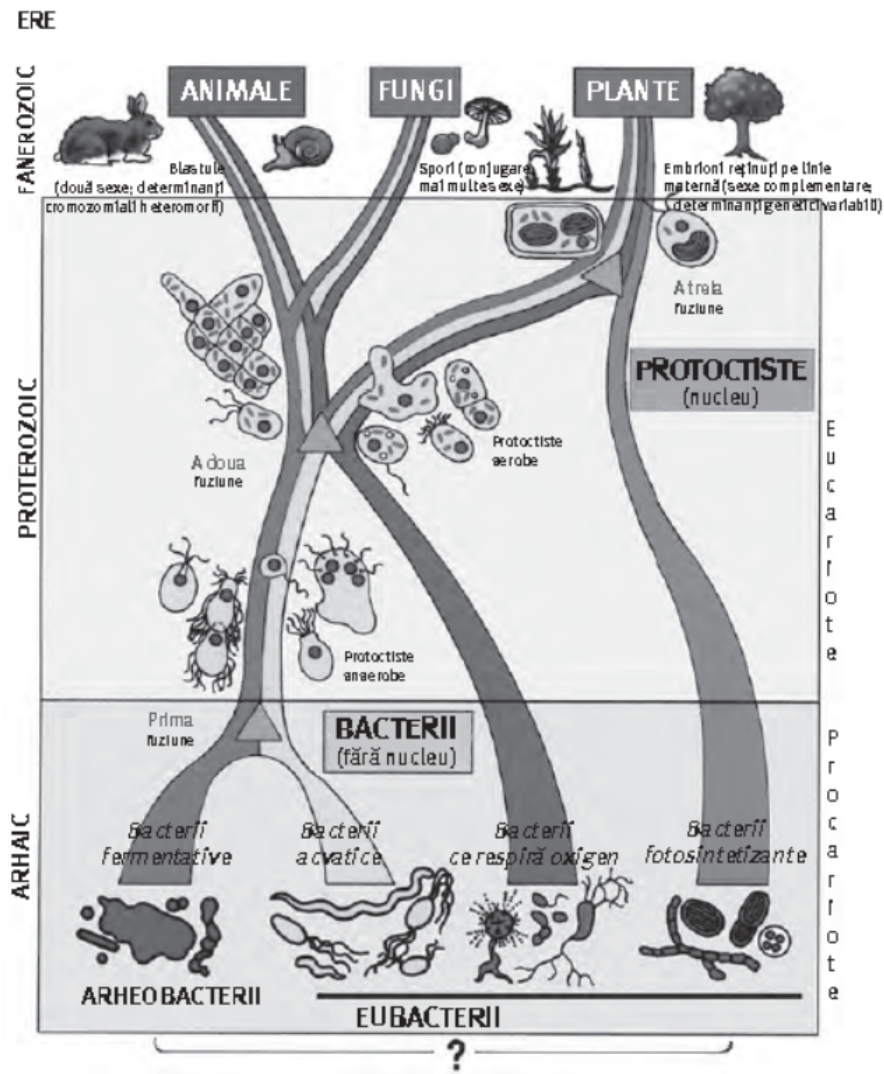


Figura 23.2 Serie de simbiogeneze aflate la baza celor trei regnuri taxonomice ale lumii vii .

A treia fuziune a avut loc atunci când protoctistele aerobe au ingerat bacterii fotosintetizatoare, care ulterior şi-au pierdut capacitatea de existenţă independentă şi au devenit cloroplaste. Această fuziune a dus la formarea unui nou tip de eucariote, care puteau folosi lumina solară ca sursă de energie, protoctistele algale verzi. Dintre acestea, unele şi-au pierdut capacitatea de mişcare independentă şi au format rădăcina regnului vegetal.[38]

Analizele genetice realizate în anii ’70 şi ’80 au demonstrat că genele cloroplastelor unor specii de alge se deosebesc de genele nucleelor algelor, însă seamănă cu genele cianobacteriilor fotosintetizante, în timp ce alte dovezi genetice sugerează că mitocondriile derivă din alfa-proteobacterii asemănătoare bacteriilor actuale cunoscute sub numele de rickettsia. Aceste date susţin originea simbiogenetică a cloroplastelor şi mitocondriilor prezente în celulele eucariote.

Deşi majoritatea biologilor evoluţionişti acceptă acum că simbiogeneza oferă cea mai plauzibilă explicaţie a originii cloroplastelor şi mitocondriilor prezente în celulele eucariote, ei nu acceptă ipoteza lui Margulis referitoare la originea celulelor eucariote şi la evoluţia regnurilor lumii vii.

Margulis răspunde susţinând că, în afara modelelor matematice, nu s-a demonstrat niciodată că acumularea graduală de tip neodarwinist a mutaţiilor genetice aleatorii ar produce un nou organ sau o nouă specie, în timp ce simbioza, endosimbioza şi simbiogeneza sunt larg răspândite în natură. Unele specii de furnici trăiesc în relaţii simbiotice cu afidele: ele mănâncă substanţa dulce excretată de afide în urma consumării sevei din plante şi în schimb protejează afidele de prădători şi le transferă de pe plante ofilite pe plante sănătoase. Endosimbioza este la ordinea zilei: de exemplu, corpul uman este alcătuit din aproximativ 10 trilioane de celule, însă găzduieşte aproape de trei ori mai multe bacterii în intestinele sale; unele specii dintre aceste bacterii îndeplinesc funcţii utile, cum ar fi sintetizarea vitaminelor B şi K. Un exemplu cunoscut de simbiogeneză este oferit de cele 15.000 de specii de licheni. Deşi seamănă cu nişte plante, nu au strămoşi din regnul vegetal; sunt formaţi printr-o simbiogeneză între membri a două regnuri separate: fungi şi bacterii fotosintetizante (cianobacterii) sau protoctiste (alge).

În opinia lui Margulis, deşi nu este singura cauză a inovaţiilor evolutive, simbiogeneza poate să reprezinte un factor foarte important. Când două sau mai multe tipuri diferite de organisme îşi fuzionează identităţile, procesul respectiv generează comportamente şi

morfologii noi: ţesuturi noi, organe sau căi metabolice noi şi noi grupuri de organisme, inclusiv specii noi.

Pg.455

Margulis a reuşit cu greu să-şi publice lucrările în revistele ştiinţifice cunoscute deoarece, aşa cum explica în 2011, biologia evoluţionistă a fost preluată de specialişti în genetica populaţiilor, de zoologi experimentalişti şi de specialişti în biologie moleculară anglo-americani care ţin de şcoala neodarwinistă şi care „blochează patru cincimi din informaţiile biologice [ignorând bacteriile, protoctistele, fungii şi plantele] şi toate informaţiile provenite din geologie". Ei „nu cunosc nimic despre sisteme biologice precum fiziologia, ecologia sau biochimia [...]. Sunt reducţionişti ad absurdum“[39]

Jerry Coyne, neodarwinist de frunte, a răspuns rapid pe pagina sa web la aceste comentarii printr-un articol intitulat „Lynn Margulis disses evolution in *Discover* magazine, embarrasses both herself and the field“ [„Lynn Margulis insultă evoluţia în revista *Discover,* punând atât persoana sa, cât şi domeniul într-o situaţie stânjenitoare"]. După ce a recunoscut contribuţia ei la explicarea originii mitocondriilor şi cloroplastelor, Coyne subliniază că Margulis este de acord cu creaţioniştii în legătură cu ineficienţa paradigmei neodarwiniste, comentând că „cel puţin ea nu este atât de nebună încât să-l accepte pe Dumnezeu drept explicaţie ştiinţifică. Dar este suficient de nebună încât să-şi profereze propria teorie «alternativă», adică simbioza [sublinierea îi aparţine]." Coyne repetă fundamentele modelului neodarwinist şi conchide că „atunci când discută despre biologia evoluţionistă Margulis dă dovadă de dogmatism, ignoranţă voită şi lipsă de onestitate intelectuală"[40].

Titlul ales de Coyne pentru acest răspuns este grăitor. Margulis a fost o evoluţionistă dedicată; lipsa sa de respect nu era îndreptată împotriva evoluţiei, ci a modelului neodarwinist al evoluţiei biologice. Echivalând evoluţia cu neodarwinismul, Coyne dezvăluie o parte a problemelor biologiei evoluţioniste contemporane, unde punerea în discuţie a ortodoxiei actuale declanşează adesea reacţii dispreţuitoare care încalcă cumva etosul ştiinţific.

Consensul actual în biologia evoluţionistă este că viaţa s-a divizat mai întâi în bacterii şi arhee şi apoi în eucariote, care au evoluat din arhee sau din strămoşi asemănători arheelor. Ulterior, eucariotele au dobândit gene de la bacterii în două rânduri: mitocondrii de la alfa-proteobacterii şi cloro- plaste de la bacterii fotosintetizante, aşa cum susţinea Margulis, iar cele trei domenii (Bacteria, Archaea şi Eukaryota) s-au ramificat într-un arbore filogenetic darwinian determinat în special de transmiterea sexuală şi de acumularea de mutaţii genetice aleatorii din cadrul populaţiilor diferitelor specii.

Pg.456

Conform acestei ipoteze, arheele nu ar trebui să conţină gene bacteriene, iar singurele gene bacteriene prezente în eucariote ar trebui să fie cele din ADN-ul mitocondriilor sau cloroplastelor sau cele transferate în nucleu din precursorii bacterieni ai acestor organite, eucariote care ar trebui să fie implicate în respiraţie sau în fotosinteză. Totuşi, secvenţierea recentă a unor genomuri complete contrazice această ipoteză prin dezvăluirea unei multitudini de transferuri orizontale de gene diferite. Multe arhee conţin un rezervor substanţial de gene bacteriene. Genele nucleare de la eucariote codifică procese nerespiratorii şi nefotosintetizante care sunt esenţiale pentru supravieţuirea celulelor. În plus, multe gene eucariote sunt diferite de cele ale oricărei bacterii sau arhee cunoscute: de exemplu, genele implicate în două caracteristici definitorii ale eucariotelor, citoscheletul şi sistemul membranelor interne.[41]

Aceste dovezi genomice ne arată că, în primele două miliarde de ani de evoluţie biologică pe Pământ, fuziunea genomurilor şi transferurile orizontale de gene rezultate în urma colaborării şi simbiogenezei dintre diferite specii au jucat un rol cu mult mai important în evoluţia biologică decât moştenirea verticală neodarwinistă a mutaţiilor genetice aleatorii.

În următorii 1,5 miliarde de ani, transferul orizontal de gene a rămas probabil cel mai important mecanism de transmitere genetică şi de speciaţie la procariote. În cadrul regnului animal, ipoteza ajutorului reciproc - colaborarea din interiorul speciei şi între membrii unor specii diferite (simbioză) - oferă o explicaţie mult mai plauzibilă decât competiţia neodarwinistă pentru tiparele evolutive ale speciilor din fiecare clasă care au supravieţuit şi s-au reprodus cu succes şi au dat dovadă de abilităţi cognitive sporite prin învăţare socială.

Concluziile mele de la sfârşitul părţii a doua vor include concluziile cuprinse în capitolele 21-23 şi în capitolul următor.

CAPITOLUL 24
Evoluţia conştiinţei

Conştiinţa este un mister atât de adânc pentru specia noastră, încât nici nu putem să-i bănuim existenţa la alte specii.

Lewis Thomas, 1984

Oamenii sunt mai mult decât nişte simple caractere fenotipice rezumate în categoria taxonomică *Homo sapiens*. Suntem fiinţe conştiente. Filozofii, psihologii, antropologii şi specialiştii în neuroştiinţe au păreri diferite despre natura conştiinţei umane. Mulţi o studiază ca pe un lucru în sine, iar eu voi discuta în detaliu

conştiinţa umană în partea a treia. Sugerez totuşi că, asemenea fenotipului uman, conştiinţa a evoluat pornind de la primele forme de viaţă de pe Pământ. Prin urmare, o vom putea înţelege mai bine (cel puţin la nivelul corelaţiilor sale fizice) dacă vom reuşi să-i reconstituim evoluţia de-a lungul descendenţei umane.

În acest scop, voi folosi o definiţie largă a conştiinţei, care se aplică în cazul oricărei forme de viaţă, oricât de incipientă sau rudimentară ar fi ea, şi care o distinge de materia neînsufleţită.

conştiinţă Percepere a mediului înconjurător, a celorlalte organisme şi a propriului sine ce poate duce la acţiune.

Conştiinţa astfel definită poate fi identificată în funcţie de acţiunile ce rezultă din ea, adică în funcţie de comportamentul unui organism, motiv pentru care trebuie să reconstituim evoluţia comportamentului organismelor de-a lungul descendenţei umane.

EVOLUŢIA COMPORTAMENTULUI

Deoarece fosilele nu ne oferă în general informaţii despre comportament, de cele mai multe ori suntem nevoiţi să examinăm speciile vii care seamănă cel mai mult cu formele fosile datate conform estimării primei lor apariţii în categoriile taxonomice ce se desfăşoară de la domeniile Bacteria şi Ar- chaea până la specia Homo sapiens, după cum se poate observa în tabelul 20.1.

Pg.458

Bacteriile şi arheele

Speciile care seamănă cel mai mult cu primele forme de viaţă de pe Pământ sunt procariotele: bacteriile şi arheele. Aceste organisme extrem de simple acţionează prin răspuns direct la stimuli externi şi interni pentru a supravieţui.

Printre stimulii externi se numără căldura, lumina, substanţele chimice din mediul înconjurător şi prezenţa altor organisme; acestea pot reprezenta surse de supravieţuire sau de pericol. Bacteriile şi arheele răspund prin apropierea de substanţe chimice şi alte organisme pe care le pot folosi pentru propria întreţinere sau prin îndepărtarea de cele care le pot vătăma. Am văzut în capitolul 19 un exemplu de bacterii care răspund la prezenţa altor bacterii prin eliberarea unor molecule semnalizatoare în jurul lor şi care au receptori pentru astfel de molecule. Atunci când receptorii lor înregistrează un număr suficient de astfel de molecule - ce măsoară densitatea populaţiei locale - are loc o reacţie coordonată, cum ar fi activarea unor gene ce controlează producerea şi excreţia de polizaharide pentru biopeliculă sau enzime care digeră prada[204].

Bacteriile manifestă de asemenea o percepţie rudimentară de sine evidenţiată prin reacţia directă la stimuli interni. Afectarea serioasă a

ADN-ului acestora declanşează aşa-numita reacţie SOS: activarea genelor SOS care altminteri sunt inactive şi care astfel pun în mişcare mecanismul de reparare a ADN-ului.

Eucariotele: unicelulare

O eucariotă unicelulară simplă precum a amibei acţionează la rândul său prin reacţii directe la stimuli externi, formând, de exemplu, extensii temporare ale citoplasmei (cunoscute drept pseudopode sau picioare false) pentru a se apropia de substanţele chimice emanate de hrană sau pentru a se îndepărta de substanţele chimice nocive.

Eucariotele unicelulare mai complexe au un sistem de reacţii directe mai complexe, folosind organite sau părţi specializate ale celulei ce servesc drept receptori de stimuli, cum sunt cei sensibili la lumină, cunoscuţi la flagelate. Printre receptori se numără cilii (apendice multiple asemănătoare părului şi capabile de mişcare sincronă) şi flagelii (cili alungiţi asemănători unui bici) care propulsează celula, împreună cu alte organite care atrag hrană.

Eucariotele: animale

Pg.459

Pe măsură ce viaţa a evoluat pe Pământ, producând o lume mai complexă cu prădători, competitori şi colaboratori mai mulţi şi mai diferiţi, organismele pluricelulare din regnul animal au dezvoltat un al doilea sistem, ce permite o reacţie mult mai rapidă, mai variată şi flexibilă la stimulii externi. Comportamentul lor poate fi clasificat în cinci tipuri care se întrepătrund: bazat pe reacţii directe, înnăscut, învăţat, social şi inovator.

a. *Reacţia directă*

Reacţiile directe provocate de stimuli şi asociate cu autoconservarea constituie cea mai mare parte a comportamentelor animalelor simple, precum nevertebratele, dar sunt prezente în continuare şi în repertoriul comportamental al unor animale mai complexe şi mai recent apărute, un exemplu cunoscut în cazul nostru fiind retragerea mâinii din foc.

Comportamentul bazat pe reacţii directe include acum reflexele, care sunt reacţii involuntare la stimuli. O complexitate mai mare a organismelor presupune şi o complexitate mai mare a reflexelor, implicând mai multe grupe musculare. De exemplu, la om, reflexul rotulian apare atunci când este lovit uşor tendonul rotulian, ceea ce face ca muşchii de pe partea anterioară a coapsei să se contracte suficient de mult încât să provoace mişcarea bruscă a gambei.

b. *Comportamentul înnăscut*

Reacţia directă şi comportamentul înnăscut se suprapun şi pot fi încadrate în categoria comportamentelor instinctive, care sunt răspunsuri neînvăţate la stimuli specifici. Acestea includ în general lucruri precum nevoia de sex, stimulată de imagini sau mirosuri specifice, lupta sau fuga din faţa unui atac şi aşa mai departe.

Cred că e util să facem distincţie între reacţiile directe asociate cu autoconservarea şi acţiunile moştenite, predictibile şi fixe desfăşurate de un membru al unei specii în medii diferite (ce furnizează stimuli externi diferiţi), acţiuni care nu îi aduc neapărat beneficii - putând fi chiar costisitoare -, dar care contribuie la conservarea speciei.

Unele dintre cele mai surprinzătoare exemple ale unor astfel de comportamente înnăscute se întâlnesc la insecte, descendente ale vechilor artropode. De exemplu, la aproximativ 47 de specii de furnici tăietoare de frunze din America Centrală şi America de Sud, membrii castei specializate în căutarea hranei din fiecare colonie colaborează în mod înnăscut la desprinderea unei frunze de pe ramură, tăierea ei în bucăţi mici şi transportarea acestora în interiorul cuibului prin pădure sau, în cazul unor specii, prin terenuri deşertice. Acolo, fragmentele de frunză sunt mărunţite, terciuite şi folosite drept compost pentru grădina de fungi a cuibului.[1] Acest comportament nu este o reacţie directă la vreo senzaţie de foame resimţită de furnici, ci are rolul de a conserva specia prin fabricarea şi depozitarea resurselor destinate satisfacerii nevoilor viitoare ale coloniei.

Pg.460

Încă nu cunoaştem foarte bine mecanismul genetic, sau poate epigenetic, al unor astfel de comportamente ereditare şi fixe care nu sunt neapărat avantajoase pentru individ. Am văzut în capitolul precedent că ipotezele sociobiologice nu au reuşit să ofere un răspuns convingător. Acest lucru este subliniat şi de faptul că multe comportamente înnăscute nu sunt acţiuni de cooperare ale grupului, care e bazat pe legături de rudenie sau de altă natură, ci sunt realizate la nivel individual.

Astfel de comportamente înnăscute individuale sunt larg răspândite la descendenţii celor mai timpurii şi mai primitive vertebrate, precum peştii din perioada cambriană. După ce petrec între unul şi nouă ani în mare, cele mai multe specii actuale de somon migrează spre ape dulci, unde îşi depun icrele. Pentru a face asta, somonul trebuie să găsească un râu şi apoi să înoate împotriva curenţilor puternici, uneori depăşind şi cascade, într-o călătorie istovitoare de până la o mie de kilometri şi o ascensiune de până la o mie de metri. Este dificil

să consideri acest comportament un exemplu de autoconservare a individului; într-adevăr, somonii de Pacific mor la scurtă vreme după împerechere. La fel ca în cazul somonilor, seria complicată de acţiuni întreprinse de ghidrini în cursul curtării şi reproducerii nu constituie reacţii simple şi directe şi nici reacţii învăţate.

Încă nu există un consens cu privire la natura comportamentelor umane înnăscute. Filozoful şi lingvistul Noam Chomsky spunea că învăţarea rapidă a limbajului de către copii ar fi imposibilă fără o facultate înnăscută a limbajului sau fără reguli înnăscute ale unei gramatici universale, spre deosebire de cazul învăţării jocului de şah, de exemplu.[2] Pe de altă parte, psihologul Michael Tomasello respinge acest argument şi propune o teorie socio-pragmatică a limbajului. În opinia lui, copiii învaţă structura lingvistică prin citirea intenţiilor şi descoperirea tiparelor în cursul interacţiunilor verbale cu ceilalţi.[3]

De-a lungul descendenţei umane comportamentul devine tot mai complex, aspectele sale învăţate, sociale şi inovative jucând un rol din ce în ce mai important.

c. *Comportamentele învăţate*

Aceste acţiuni modifică reacţia directă sau comportamentele înnăscute. Ele pot fi observate sub o formă rudimentară la cele mai simple şi primitive animale, precum moluştele, prin procesul deprinderii. Atunci când o reacţie repetată la un stimul nu mai produce rezultatele anterioare, animalul încetează să mai reacţioneze la stimulul respectiv.

Pg.461

Acţiunea contrară este sensibilizarea: reacţia la un stimul produce efecte tot mai intense, astfel încât animalul răspunde chiar dacă stimulul este diminuat.

Având în vedere că evoluţia biologică generează specii tot mai complexe din punct de vedere morfologic, imitaţia începe să joace un rol din ce în ce mai mare în dobândirea comportamentului învăţat. În capitolul 19 am dat exemplul unor peşti care învaţă prin imitaţie; există dovezi că un astfel de comportament este ereditar, ceea ce ne dă de înţeles că până şi comportamentul învăţat poate deveni înnăscut.

Tot în capitolul 19 am citat un studiu care arată nu numai cum funcţionează imitaţia la suricate, mamifere mici nonprimate, dar şi cum adulţii îi învaţă pe tineri tehnici de vânătoarei205, Imitaţia este observată şi la primatele nonumane, în special puii imită tehnicile de supravieţuire practicate de

părinţi sau de rudele apropiate.

Cred că trebuie făcută o deosebire între animalele care imită sau chiar sunt instruite de membri ai propriei specii - aspect ce necesită mai multe observaţii de teren - şi animalele care sunt învăţate sau antrenate de oameni. Acestea din urmă dau naştere unui mare număr de ipoteze referitoare la comportamentul animal în privinţa cărora nu există încă un consens. Cercetarea funcţiei gastrice la câini realizată de Ivan Pavlov la începutul secolului XX l-a condus la concluzia că „reflexul condiţionat", asociat cu anumite regiuni ale cortexului cerebral, explică toate comportamentele, inclusiv pe cel uman. Opiniile sale au devenit teorii fundamentale în psihologie şi psihiatrie. Însă experimentele sale ne spun doar că animalele pot fi antrenate să aibă aceeaşi reacţie atunci când stimulul iniţial este înlocuit cu un altul; aceste rezultate nu ne oferă foarte multe informaţii despre evoluţia comportamentului în natură.

Experimentele psihologului B.F. Skinner pe şobolani şi porumbei au căutat să explice învăţarea unor noi comportamente. Ipoteza sa referitoare la condiţionarea operantă susţine că un animal răspunde la mediul înconjurător printr-o serie de acţiuni variate şi aleatorii. Una dintre acestea (de exemplu, apăsarea unei pedale din cutia de testare) duce eventual la obţinerea unei recompense (hrană sub formă de pelete). Prin astfel de întăriri pozitive, animalul învaţă să repete acele acţiuni în viitor. Skinner susţinea că este vorba despre o selecţie naturală darwiniană a comportamentelor desfăşurată de-a lungul vieţii unui individ comparabilă cu selecţia naturală darwiniană a trăsăturilor

fizice desfăşurată de-a lungul mai multor generaţii, considerând că e valabilă şi în cazul comportamentului uman. El respingea fenomene neobservabile precum mintea sau intenţia. Ipoteza sa a fost extrem de influentă în secolul XX. Totuşi, o analogie mai adecvată ar fi aceea cu selecţia artificială. Experimentatorul uman este cel care creează experimentul şi oferă recompensa. Ipoteza sa nu cuprinde decât exemple de animale care învaţă prin antrenarea sensibilităţii şi deprinderilor, iar afirmaţia lui Skinner că ar explica comportamentul uman este lipsită de orice fundament empiric.

Deşi deprinderea şi sensibilizarea la nivel individual pot avea o anumită contribuţie la învăţarea umană (dacă pui mâna în foc şi te arzi înveţi să nu mai faci aşa ceva), imitaţia şi educaţia joacă un rol cu mult mai însemnat. Voi discuta despre aceste aspecte în partea a treia.

d. *Comportamentele sociale*

Această categorie acţiuni precum reacţia directă, comportamentul înnăscut şi cel învăţat, dar se extinse dincolo de supravieţuirea individuală şi de imitarea abilităţilor de supravieţuire ale părinţilor. Include toate formele de interacţiune ce se petrec între indivizii aceluiaşi grup.

După cum am văzut în capitolul 19, animalele formează comunităţi ce depăşesc nivelul legăturilor dintre părinţi şi copii pentru a colabora în vederea supravieţuirii - apărarea împotriva intemperiilor (adăpost şi construirea cuibului), apărarea împotriva prădătorilor sau competitorilor şi vânătoarea - şi în vederea creşterii puilor. O astfel de viaţă socială oferă şi oportunităţi de împerechere. Grupurile sociale animale se bazează în special, dar nu în exclusivitate, pe legături de rudenie. Multe dintre aceste grupuri colaborează pentru a forma grupuri temporare mai mari menite să asigure supravieţuirea, aşa cum se întâmplă în perioada migraţiilor sezoniere sau permanente către un mediu mai adecvat supravieţuirii.

Interacţiunea dintre membrii unui grup social format din animale sunt de ordin senzorial: simţ tactil, miros, gust, văz şi auz.

Pe măsură ce complexitatea morfologică a speciilor creşte la scara timpului evolutiv şi de-a lungul descendenţei umane, aceste interacţiuni senzoriale se schimbă. În special, mirosul, gustul şi simţul tactil, utilizabile doar în apropiere, îşi pierd treptat din importanţă. Odată cu creşterea complexităţii vocalizării la primate în vederea comunicării unei mari varietăţi de mesaje (precum ameninţare, plăcere, strigăte de avertizare etc.), începe să se dezvolte şi auzul, prin evoluţia urechii interne, care permite captarea unor tipare complexe de frecvenţă şi de sincronizare a informaţiei. Vederea a crescut în complexitate odată cu dezvoltarea vederii stereoscopice, ca urmare a deplasării treptate a ochilor în zona frontală, ceea ce duce la o mai bună percepere a spaţiului. Aceste dezvoltări au permis membrilor grupului să interacţio- neze în moduri mai complexe şi pe distanţe mai mari.

Pg.463

Interacţiunile sociale pot creşte şansele de supravieţuire în mod direct sau indirect. Joaca anumitor mamifere precum castorii şi toaletarea reciprocă a unor primate precum cimpanzeii servesc la întărirea coeziunii grupului lor social şi astfel sporesc în mod indirect şansele de supravieţuire.

e. *Comportamentele inovatoare*

Aceste acţiuni se deosebesc de obişnuitele reacţii directe, înnăscute sau învăţate ale speciei şi apar de obicei ca răspuns la circumstanţe noi şi provocatoare. Gradul de inovaţie poate fi folosit ca o măsură a inteligenţei, uneori numită abilitate cognitivă.

inteligenţă Capacitatea de a dobândi şi de a aplica cu succes informaţii cu un anumit scop, mai ales în situaţii noi sau provocatoare.

Până la apariţia primatelor, descendenţa umană manifestă un grad scăzut de inovaţie. (Am în vedere aici numai filiaţia care merge până la om, nu şi la celelalte specii care manifestă inteligenţă, precum familia corvidelor sau cea a mamiferelor marine, precum delfinii.) Din nou, cred că e util să deosebim între primatele de genul cimpanzeilor supuşi unor „teste de inteligenţă" proiectate de om şi primatele care au un comportament inovator în natură. Cel de-al doilea caz permite o măsurare mai precisă a evoluţiei acestui tip de comportament. Este însă mai greu să se confirme rezultate fără echivoc pornind de la studiile care folosesc diferite criterii, metodologii şi ipoteze.

În 2002, biologii specializaţi în studiul comportamentului Simon Reader şi Kevin Laland au investigat principalele lucrări referitoare la primate şi au găsit 533 de cazuri de inovaţie (definite ca soluţii aparent inovatoare la probleme din mediul înconjurător sau sociale), 445 de exemple de învăţare socială (achiziţia unor informaţii de la ceilalţi) şi 607 episoade de folosire a uneltelor. După ce au luat în calcul factori precum diferenţele ce ţin de efortul necesar pentru studierea diverselor specii, cei doi cercetători au ajuns la concluzia că inovaţia, învăţarea socială şi folosirea uneltelor sunt corelate cu volumul relativ şi cel absolut al creierului executiv. Creierul executiv este în principal neocortexul.[4] Voi discuta această corelaţie mai târziu.

Tiparul evolutiv

Creşterea complexităţii morfologiei speciilor de-a lungul descendenţei umane presupune şi complexificarea comportamentului acestora. Cu toate că reacţiile directe şi comportamentele înnăscute se menţin, comportamentele învăţate, sociale şi inovatoare joacă un rol din ce în ce mai însemnat. Creşterea varietăţii şi flexibilităţii acestora marchează dezvoltarea conştiinţei.

Existenţa unei conştiinţe rudimentare la procariote şi la eucariotele unicelulare poate fi observată prin acţiunile pe care acestea le întreprind pentru a supravieţui ca reacţie la stimuli externi şi interni. Astfel de acţiuni simple sunt realizate de un sistem fizicochimic de reacţie directă.

Sistemul nervos

Evoluţia animalelor pluricelulare a dus la dezvoltarea unui al doilea sistem, ce permite reacţii mai rapide şi mai variate la stimulii externi. Este vorba despre sistemul nervos electrochimic, care foloseşte celule specializate excitabile electric (neuroni) ce permit transmiterea într-o singură direcţie şi cu mare viteză a impulsurilor electrice de la o regiune la alta a corpului animalului. Sistemul nervos coordonează de asemenea reacţiile fizicochimice mai lente, dar mai de durată, la stimulii interni.

sistem nervos Grup organizat de celule, numite neuroni, specializate în transmiterea electrochimică a stimulilor printr-o reţea nervoasă de la un receptor senzorial la un efector, la nivelul căruia se produce o reacţie.

neuron Celulă eucariotă capabilă să reacţioneze la stimulare şi să transmită impulsurile electrochimice.

Deşi există o varietate de dimensiuni şi de forme ale neuronilor, figura 24.1 prezintă structura de bază a celor mai mulţi neuroni. Dendritele sunt prelungiri ramificate din peretele celular care primesc impulsurile electrochimice şi le conduc spre corpul celular. Corpul celular conţine nucleul şi citoplasma înconjurătoare. Axonul este o prelungire relativ lungă din peretele celular care transmite impulsuri electrice de la corpul celular la terminaţiile ce se ramifică la capătul axonului. Dendritele şi axonii sunt numite de obicei fibre nervoase.

La animalele mai mari şi mai complexe, precum vertebratele, axonul poate fi foarte lung şi protejat de o teacă de mielină, formată dintr-o serie de celule gliale numite celule Schwann. În spaţiile goale care există între celulele Schwann, numite noduri Ranvier, axonul nu este izolat, ceea ce permite pulsului electric să fie transmis şi mai rapid. Cei mai mulţi neuroni pot fi încadraţi într-una din cele trei categorii funcţionale:

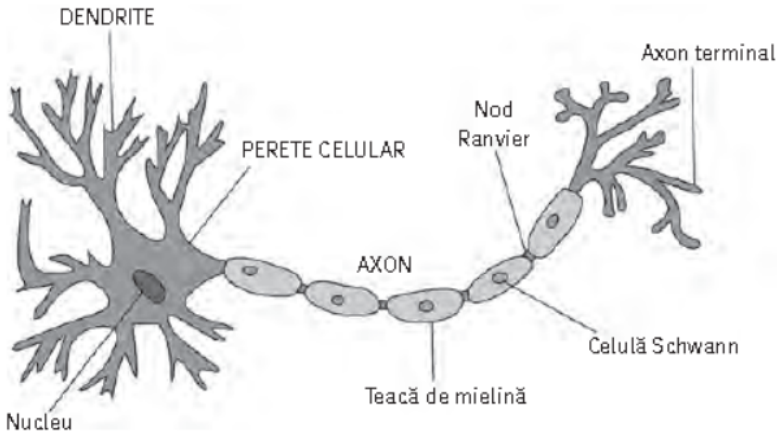


Figura 24.1 Structura unui neuron specific vertebratelor.

a. *Neuronii senzoriali*

Primesc stimularea de la celule sau organe receptoare senzoriale, precum celulele epiteliale sau ochiul, şi transmit un impuls electric fie direct neuronilor motori, fie interneuronilor coordonatori. În cel de-al doilea caz, sunt numiţi şi neuroni aferenţi.

b. *Neuronii motori*

Transmit un impuls electric la o celulă efectoare sau la un organ (un muşchi, de exemplu). Se mai numesc şi neuroni eferenţi.

c. *Interneuronii*

Primesc impulsuri de la neuronii senzoriali şi controlează, coordonează şi transmit răspunsul neuronilor motori.

Transmiterea impulsurilor electrice de la un neuron la altul sau la o celulă efectoare se petrece de obicei la nivelul regiunilor microscopice care se creează între neuroni, numite sinapse, prin intermediul unor substanţe chimice numite neurotransmiţători. Apare şi comunicarea electrică directă, atunci când membranele sunt în contact direct; sinapsele electrice se întâlnesc în special la nevertebrate şi la vertebratele primitive.

Prin terminaţiile dendritice şi axonale fiecare neuron poate primi impulsuri de la şi poate trimite impulsuri către alţi neuroni, formând o reţea. Figura 24.2 prezintă schematic felul în care aceste tipuri diferite de neuroni se conectează unii cu alţii şi cu celule senzoriale şi efectoare la un animal cu sistem nervos central.

Interneuronii se conectează şi ei unii cu alţii şi împreună integrează, coordonează şi controlează multe reflexe individuale, astfel încât reacţiile unui animal reprezintă mai mult decât o sumă a reflexelor individuale: comportamentul său este caracterizat prin flexibilitate şi adaptabilitate la circumstanţele schimbătoare.

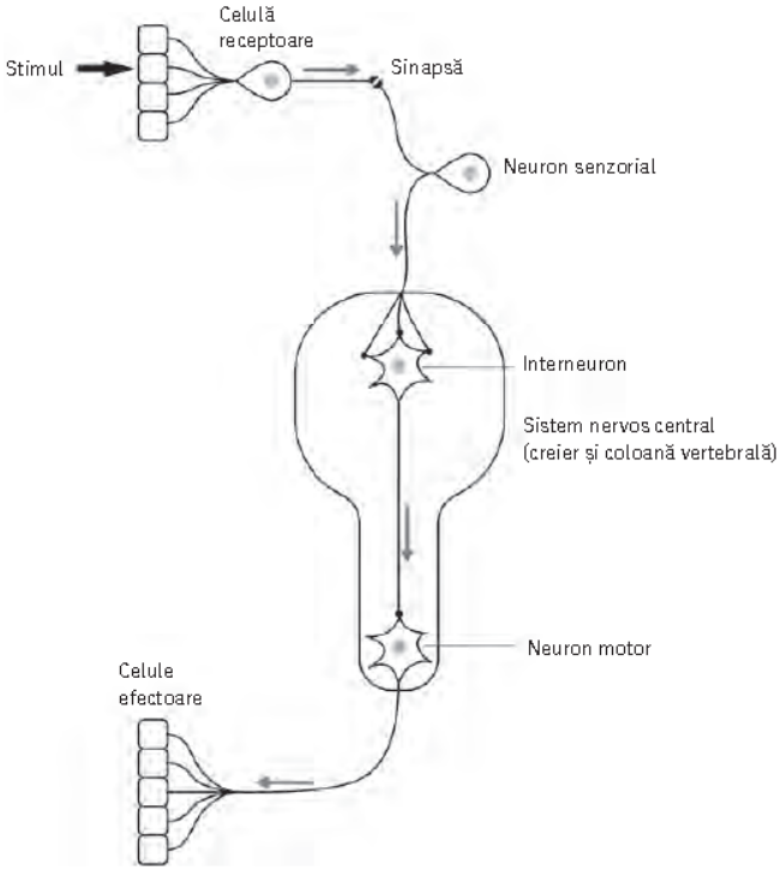


Figura 24.2 Reprezentarea schematică a conexiunilor neuronale la un animal cu sistem nervos central.

Dezvoltarea conştiinţei de-a lungul descendenţei umane este corelată cu evoluţia sistemului nervos. Ceea ce nu înseamnă că toate sistemele nervoase au evoluat conform aceleiaşi traiectorii liniare, aşa cum susţinea modelul cerebral triunic elaborat de neurologul şi psihiatrul Paul MacLean, model a cărui influenţă s-a simţit mai ales în anii ’70 şi ’80. Dovezile din domeniul anatomiei comparate, acumulate în ultimii treizeci de ani, sugerează că, de-a lungul diferitelor filiaţii animale, au evoluat diferite sisteme nervoase, ducând la apariţia unor caracatiţe, păsări şi mamifere marine actuale care au sisteme nervoase diferite structural de cel al primatelor nonumane, dar cu abilităţi cognitive aparent comparabile. Oricum, pe noi ne interesează aici evoluţia omului, astfel încât voi încerca să urmăresc evoluţia sistemului nervos de-a lungul filiaţiei umane.

Sistemul nervos în descendenţa umană

Neuronii nu se fosilizează. Unica modalitate de a reconstitui evoluţia sistemului nervos în descendenţa umană este aceea de a examina sistemul nervos al speciilor actuale care sunt cât se poate de asemănătoare din punct de vedere morfologic cu fosilele datate după estimări ale primei lor apariţii în categoriile taxonomice ale regnului Animalia până se ajunge la specia Homo sapiens, aşa cum se poate vedea în tabelul 20.1.

Sistemul nervos difuz

Cele mai vechi fosile animale au o simetrie radială, precum cnidarii din fauna ediacarană[206]. Cele mai primitive sisteme nervoase cunoscute astăzi se întâlnesc la animalele foarte simple, cu simetrie radială, precum cnidarii (hidrele, meduzele, anemonele şi coralii) şi sunt considerate sisteme nervoase difuze fiindcă celulele nervoase sunt distribuite în întreg organismul, de obicei sub stratul epidermic extern, din care probabil au şi evoluat. Conexiunile lor formează o reţea neuronală sau o reţea nervoasă, ilustrată prin cea a hidrei din figura 24.3.

Sistemul nervos central şi periferic

Viermii laţi se numără printre primele nevertebrate care au o simetrie bilaterală, cu o parte stângă şi una dreaptă desfăşurate aproape în oglindă[207]. Aceşti viermi se numără şi printre primele organisme la care apar un sistem nervos central rudimentar şi un sistem nervos periferic, ilustrate în figura 24.2.

Sistemul nervos al viermilor laţi reflectă morfologia bilaterală a acestora. Două grupuri de neuroni interconectaţi formează un creier rudimentar din care pornesc două cordoane de fibre nervoase de-a lungul laturilor dreaptă şi stângă. Aceste cordoane sunt unite între ele prin comisuri nervoase transversale, asemănătoare cu treptele unei scări. Aceste elemente formează un sistem nervos central primitiv. De la cordoane către laturi se desfăşoară o serie de mici nervi care formează sistemul nervos periferic. Aceşti nervi periferici răspândiţi pe tot corpul sunt asociaţi cu organe senzoriale. Ocelii sau ochii rudimentari care reacţionează la lumină sunt plasaţi în apropierea creierului, în timp ce gura se situează la jumătatea distanţei între cele două extremităţi ale corpului. Neuronii motori sunt la rândul lor răspândiţi în diferite zone ale corpului.

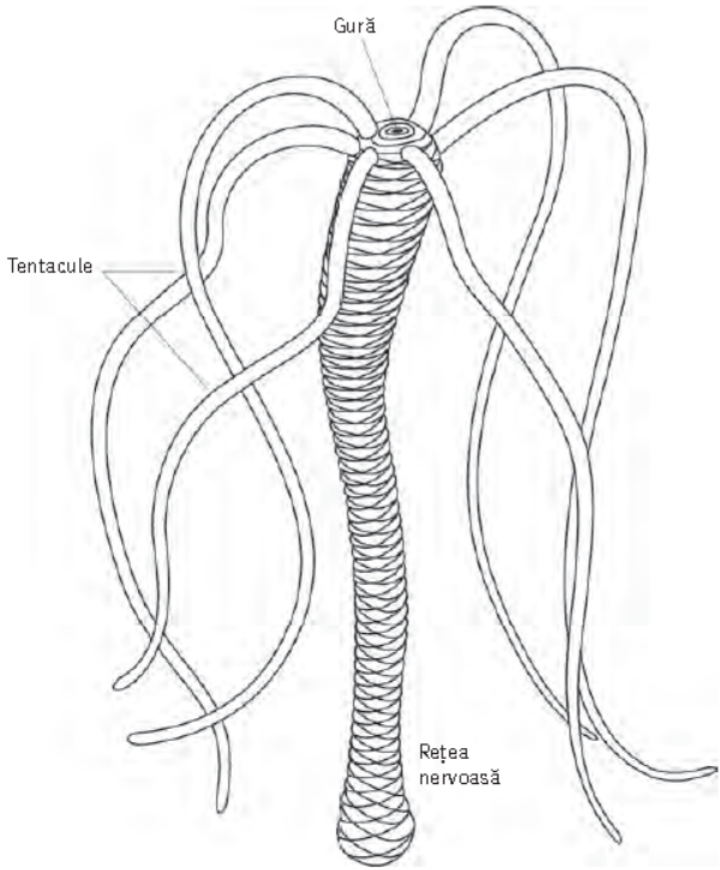


Figura 243 Sistemul nervos difuz al unei hidre.

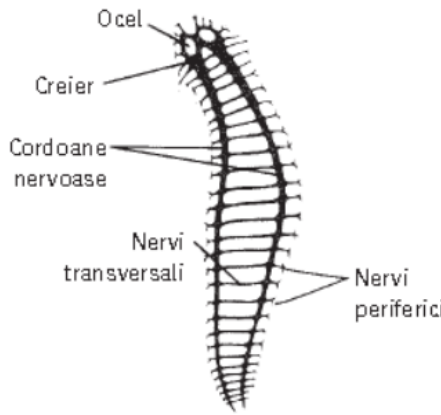


Figura 24.4 Sistemul nervos la viermele lat bilateral.

Pg.469

Evoluţia animalelor bilaterale indică un tipar de creştere a numărului de neuroni şi totodată un proces de centralizare prin care grupurile de neuroni senzoriali se apropie tot mai mult de un creier

mai mare.

Descendenţa umană urmează o cale evolutivă ce conduce la vertebrate. Sistemul nervos al acestora este alcătuit dintr-un creier protejat de o cutie craniană şi din cordoane nervoase protejate de o coloană vertebrală segmentată. Tiparul de centralizare continuă cu cefalizarea: grupuri de neuroni senzoriali - de exemplu cei care sunt stimulaţi de miros sau de auz - sunt concentraţi în apropierea creierului, în extremitatea cefalică, în timp ce cordoanele nervoase sunt alcătuite din pachete de fibre nervoase ce transmit semnale către şi de la un creier alcătuit din două grupuri mai mari şi interconectate de interneuroni cu rol de coordonare şi de control.

Sistemul nervos periferic al vertebratelor este divizat în două părţi. Sistemul nervos autonom cuprinde fibrele nervoase motorii ce trimit semnale organelor efectoare interne, precum inima, plămânii şi glandele endocrine (care produc şi secretă substanţe chimice numite hormoni ce au ca scop reglarea metabolismului celular), în special pentru menţinerea homeostaziei, adică a funcţionării normale a animalului adult. Acest sistem nervos autonom este gestionat de partea cea mai veche a sistemului nervos central, trunchiul cerebral (pe care omul îl împărtăşeşte cu descendenţii celor mai vechi reptile), care reacţionează în mod automat la stimuli. Sistemul nervos somatic conţine fibre nervoase motorii care comunică cu organele efectoare (precum muşchii) situate cu precădere în sau lângă învelişul extern al corpului animalului; această componentă este activată de sistemul nervos central, reacţionează la stimuli senzoriali şi se află sub control voluntar.

Evoluţia vertebratelor indică de asemenea un tipar de complexificare. Creşterea numărului de interneuroni ce controlează reacţiile la speciile mai complexe din punct de vedere morfologic conduce la dezvoltarea cerebrală a trei regiuni interconectate, fiecare asociată unui anume simţ: creierul anterior, asociat cu olfacţia, creierul mijlociu, asociat cu vederea, şi creierul posterior, asociat cu auzul şi echilibrul. Evoluţia ulterioară întâlnită de-a lungul descendenţei umane duce la apariţia unei perechi de excrescenţe interconectate ce se dezvoltă din creierul anterior pentru a forma emisferele cerebrale: o excrescenţă ce porneşte din mezencefal pentru a forma acoperişul mezencefalului (sau tectum) şi o excrescenţă sub forma unei sfere ondulate de ţesut nervos ce porneşte din trunchiul cerebral pentru a forma cerebelul („creier mic“, în latină). Figura 24.5 ilustrează aceste structuri împreună cu altele descrise mai jos, care au evoluat pentru a forma creierul uman.

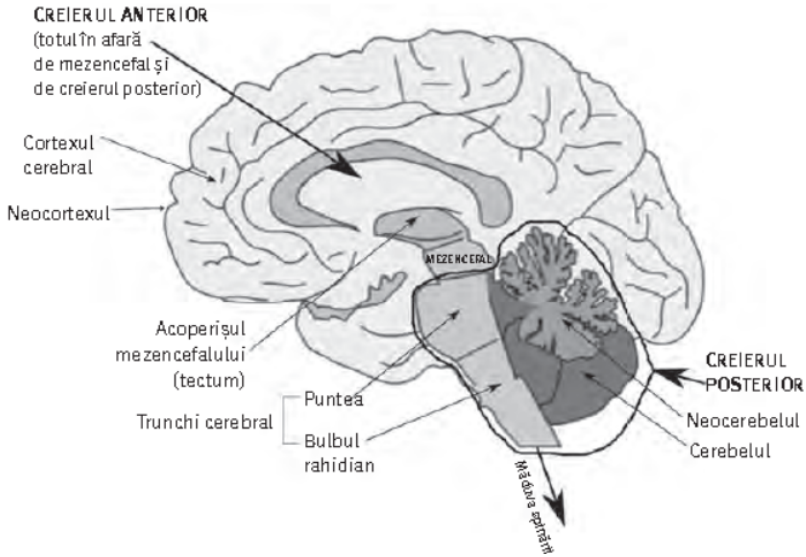


Figura 24.5 Creierul uman.

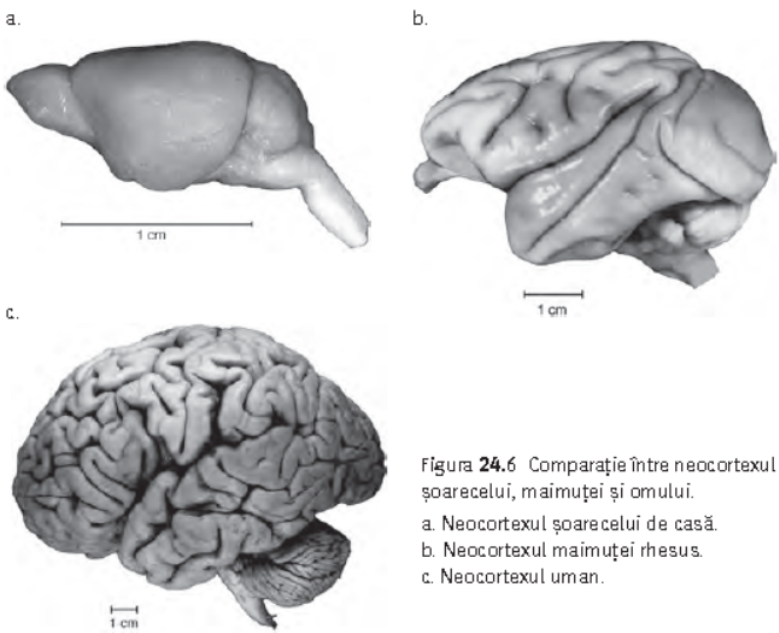


Figura **24.6** Comparaţie între neocortexul şoarecelui, maimuţei şi omului.
a. Neocortexul şoarecelui de casă.
b. Neocortexul maimuţei rhesus.
c. Neocortexul uman.

Figura 24.6 Comparaţie între neocortexul şoarecelui, maimuţei şi omului.

Pg.471

Adăugarea acestor centri nervoşi la trunchiul cerebral primitiv permite o mai mare coordonare şi asociere între fibrele motorii şi cele senzoriale. Evoluţia de la vertebrate mai vechi la altele mai recente cunoaşte un transfer treptat al funcţiilor de la trunchiul cerebral, situat în regiunea inferioară, la cortexul cerebral, situat în regiunea

superioară. Cortexul sau materia cenuşie este stratul ce acoperă emisferele cerebrale şi este alcătuit în special din corpurile celulare ale neuronilor situaţi deasupra materiei albe, alcătuită mai ales din axoni acoperiţi cu teci albicioase de mielină.

Apariţia clasei taxonomice a mamiferelor este marcată prin adăugarea a două noi structuri cerebrale. Astfel, din cerebel se dezvoltă neocerebelul, care se aseamănă cu o cultură de fungi, în vreme ce din cortex se dezvoltă neocortexul, noul strat plin de circumvoluţiuni şi gros de aproape 2 milimetri.

Figura 24.6 schiţează aceste dezvoltări. Pentru cele mai multe mamifere, precum şoarecele, neocortexul este mic comparativ cu restul creierului, lăsând trunchiul cerebral vizibil. La primatele nonumane precum maimuţele, neocortexul este mai mare şi creşte în interiorul cutiei craniene prin împăturire, ceea ce-i dă un aspect încreţit, lăsând la vedere doar o parte a trunchiului cerebral; la om, neocortexul este mult mai mare, acoperă în întregime trunchiul cerebral şi are mult mai multe circumvoluţiuni.

Privind la aceeaşi scară, cea mai spectaculoasă modificare evolutivă este reprezentată de dezvoltarea neocortexului. La om, este doar de două ori mai gros decât la şoarece, dar are o suprafaţă de aproximativ o mie de ori mai mare şi, cu toate că este cu 15% mai gros decât cel al unei maimuţe, are o suprafaţă de cel puţin zece ori mai mare.

Adăugarea unor noi regiuni cerebrale interconectate şi specializate, concentrate la nivelul capului, a dus la creşterea centralizării şi complexităţii sistemului nervos. Mai mult, creşterea globală a creierului de-a lungul descendenţei umane a dus nu numai la creşterea numărului de neuroni, ci şi la creşterea numărului de conexiuni stabilite prin intermediul terminaţiilor lor dendritice şi axonale. După o estimare realizată în anul 2009, creierul uman adult conţine aproximativ 85 de miliarde de neuroni[5] (mai puţin decât cei aproximativ 100 de miliarde estimaţi de obicei), care transmit semnale unul altuia prin aproximativ 500.000 de miliarde ($0,5 \times 10^{15}$) de conexiuni sinaptice[6], transformându-l în cel mai complex lucru cunoscut din univers. În plus, aceste conexiuni neuronale nu sunt fixe, aşa cum se credea înainte. Studii datând încă din anii ’70 au evidenţiat capacitatea neuronilor de a-şi schimba conexiunile ca răspuns la informaţii noi şi la stimularea senzorială, precum şi la leziuni sau disfuncţii. Acest fenomen, cunoscut drept neuroplasticitate, creşte flexibilitatea comportamentală şi este asociat cu învăţarea şi inovaţia.

Învăţarea şi inovaţia sunt de obicei considerate indicatori ai capacităţii cognitive sau ai inteligenţei, specifice nivelurilor superioare

de conştiinţă. Diferiţi cercetători folosesc diferite definiţii, metode şi (adesea în mod tacit) supoziţii de bază pentru a corela aceste comportamente cu sistemul nervos al unei specii. Există patru abordări principale.

1. *Dimensiunea creierului*

Pornind de la presupunerea că abilitatea cognitivă poate fi raportată la numărul de neuroni şi de conexiuni ale acestora, număr care creşte odată cu dimensiunea creierului, unii specialişti au folosit capacitatea craniană drept parametru al inteligenţei. Acest criteriu este foarte uşor de aplicat în cazul fosilelor şi al animalelor moarte.

O abordare atât de simplistă cum este aceasta are însă destule probleme. Cum explici faptul că mamiferele mai mari au un corp mai mare cu o suprafaţă mai mare, şi de aceea au nevoie de un număr mai mare de interneuroni care să proceseze un număr mai mare de neuroni motori şi senzoriali decât de neuroni care să proceseze comportamentul inovativ? Această abordare nu explică de ce flexibilitatea comportamentală şi inovaţia la o maimuţă macac, de exemplu, sunt mult mai dezvoltate decât la ungulate, precum vaca, care are un creier de patru sau cinci ori mai mare, sau de ce inventivitatea umană o depăşeşte considerabil pe cea a elefanţilor, care au un creier de şase ori mai mare.

Dacă presupusa corelaţie dintre dimensiunea absolută a creierului şi inteligenţă nu e valabilă în cazul unor ordine taxonomice diferite, ar putea fi oare valabilă în cadrul unui singur ordin, cum este cel al primatelor? În 2007, Robert Deaner, de la departamentul de psihologie al Universităţii de Stat Grand Valley din Michigan, şi colegii săi au analizat literatura referitoare la cogniţia speciilor de primate şi au ajuns la concluzia că „măsurarea dimensiunii absolute a creierului reprezintă cel mai bun element predictiv al capacităţilor cognitive la primate“[7].

Totuşi, în 2011, Marta Mirazon Lahr, antropolog specialist în biologie de la Universitatea Cambridge, a arătat că registrul fosil, deşi incomplet, sugerează că strămoşii noştri aveau un creier mai mare decât noi. De exemplu, un mascul adult de Cro-Magnon, care a trăit cu 30.000 până la 25.000 de ani în urmă, era înalt, musculos, cu o masă corporală de 80-90 kg şi avea un volum mediu cerebral de 1.500 cm^3 (un volum asemănător cu cel al neanderthalienilor, care au dispărut cam în aceeaşi perioadă). Această dimensiune cerebrală a rămas în general neschimbată până acum aproape 10.000 de ani, când a început să se reducă până la dimensiunile creierului adult de astăzi, ce

are un volum cerebral mediu de 1.350 cm^3, o reducere de 10% (cu reducerea corespunzătoare de 10% a greutăţii corporale).[8]
Pg.473

Nu cred că cineva poate sugera că oamenii de acum 10.000 de ani aveau un comportament inovativ cu 10% mai dezvoltat decât oamenii actuali. Sau că femeile sunt mai puţin inovative şi inteligente decât bărbaţii din cauză că femeia adultă are un creier cu aproximativ 10% mai mic decât cel al unui bărbat adult.

2. *Raportul dintre greutatea creierului şi cea corporală*

În 1973, neuroanatomistul Hartwig Kuhlenbeck a comparat diferite specii folosind raportul dintre greutatea creierului şi masa corporală.

Totuşi, acest criteriu nu a rezolvat câteva probleme. Animalele terestre au nevoie de activarea neuronală a muşchilor pentru a depăşi forţa gravitaţională care se opune mişcării lor, în timp ce această forţă este în mare parte anulată de flotabilitatea în apă a peştilor şi a mamiferelor marine. În plus, greutatea balenelor, de exemplu, este dată în mare parte de o masă de grăsime inertă neuronal care protejează animalul de temperaturile scăzute din adâncuri.

3. *Coeficientul de encefalizare*

În acelaşi an, Harry Jerison, de la departamentul de psihiatrie şi ştiinţe comportamentale al UCLA, care s-a specializat în studiul fosilelor şi al capacităţii lor craniene, a propus folosirea unui coeficient de encefalizare pentru a măsura mai eficient dimensiunile creierului tuturor speciilor de mamifere. Acest coeficient se bazează pe raportarea greutăţii creierului la greutatea corporală corectată cu o funcţie de putere derivată din măsurătorile preluate de la diferite mamifere şi care arată că dimensiunea creierului unei specii creşte mai puţin decât cea a corpului pe măsură ce dimensiunea corpului creşte; acest criteriu permite prezicerea masei cerebrale pentru orice specie.

Coeficientul de encefalizare arată măsura în care masa cerebrală observată a unei specii deviază de la valoarea prezisă a masei sale corporale: un coeficient egal cu 1 indică faptul că masa cerebrală observată coincide cu masa prezisă, iar un coeficient mai mare de 1 indică faptul că dimensiunea cerebrală a unei specii e mai mare decât este de aşteptat în cazul masei sale corporale. În comparaţie cu alte clase de mamifere, omul are de departe cel mai mare coeficient, cuprins între 7 şi 8. În comparaţie cu familia hominizilor, omul are un coeficient mai

mare de 3; gorilele şi urangutanii au un corp mai mare decât noi, dar creierul lor reprezintă o treime din creierul uman.
Pg.474

Coeficientul de encefalizare este standardul cel mai des folosit. Totuşi, formula de predicţie a masei creierului depinde de combinarea speciilor măsurate. În plus, corelarea sa cu inteligenţa presupune următorul criteriu: cu cât creierul este mai mare în raport cu masa corporală, cu atât este disponibilă mai multă greutate cerebrală dedicată sarcinilor cognitive. Se presupune că animalele care au creier mic şi un coeficient mare sunt mai inteligente decât animalele care au creier mare şi un coeficient mai mic. Dar, cu toate că maimuţele capucin au un coeficient mult mai ridicat decât cel al gorilelor, performanţa cognitivă a ultimelor este mult mai mare.

Pe scurt, deşi reprezintă o îmbunătăţire a metodei de bază, criteriul propus de Jerison este totuşi prea rudimentar, deoarece nu ia în considerare care regiune cerebrală este răspunzătoare de comportamentul inovativ.

4. *Neocortexul*

În 1969, Heinz Stephan, de la Institutul Max Planck pentru Cercetarea Creierului, şi O.J. Andy, de la departamentul de neurochirurgie al Centrului Medical al Universităţii din Mississippi, au conchis că toate primatele şi aproape toate ordinele recente de mamifere pla- centare provin din insectivore străvechi, mici mamifere care se hrăneau cu insecte.

Cincisprezece ani mai târziu, Stephan, împreună cu Pierre Joli- coeur şi colegii săi de la departamentul de ştiinţe biologice al Universităţii din Montreal, au examinat diferenţele dintre creierul a 28 de specii actuale de insectivore, 63 de specii de chiroptere (ordin al liliecilor) şi 48 de specii de primate. Aceşti cercetători au descoperit că neocortexul manifestă cea mai mare creştere volumetrică relativă de la insectivore până la primatele superioare. Această regiune este de 150 de ori mai dezvoltată la Homo sapiens decât la un insectivor ipotetic cu aceeaşi greutate corporală.[9]

Prin urmare, evoluţia creierului uman se deosebeşte de cea a altor specii de mamifere şi primate mai ales prin dezvoltarea neocortexu- lui, partea cea mai recent evoluată a creierului, care procesează funcţii cognitive superioare, precum memoria de scurtă durată, asocierile, inovaţia, limbajul, raţionamentul şi introspecţia - toate acestea fiind caracteristici ale nivelurilor superioare de conştiinţă.

Circumvoluţiunile neocortexului sunt importante din trei

motive. În primul rând, pliurile ţesutului neuronal asigură o mai mare centralizare: în acelaşi volum pot încăpea mai mulţi neuroni, ajungându-se la o mai mare densitate neuronală. În al doilea rând şi în consecinţă, lungimea fibrelor care conectează aceşti neuroni este mai mică decât dacă neuronii ar fi fost mai distanţaţi, reducând astfel transmisia interneuronală şi timpul de reacţie al

Pg,475

creierului. În al treilea rând, capul nu trebuie să crească şi mai mult pentru a adăposti un volum cerebral mai mare. Ca rezultat al ultimului factor, dimensiunea animalului nu trebuie să crească, astfel încât nu trebuie să crească nici numărul şi nici lungimea fibrelor nervoase care fac legătura cu ţesuturile senzoriale, precum pielea, şi cu ţesuturile efectoare, precum muşchii, din regiuni îndepărtate ale corpului. Acest lucru reduce timpul de transmisie neuronală şi totodată creşte procentul neuronilor asociaţi cu funcţiile cognitive superioare în raport cu cei răspunzători de funcţiile motorii sau de întreţinere. În termeni generali, aceste aspecte optimizează raportul creier-corp pentru o reacţie mai rapidă şi mai flexibilă şi pentru funcţii cognitive avansate, precum inovarea. Toate astea nu sunt rezultatul selecţiei naturale dintr-o serie aproape nelimitată de posibilităţi aleatorii, ci al legilor fizicii.

CAPITOLUL 25
Reflecţii si concluzii cu privire la apariţia si evoluţia vieţii

În era postcopernicană a istoriei umanităţii nici o persoană bine informată şi raţională nu-şi mai poate imagina că Pământul ocupă o poziţie unică în univers.

Michael Rowan-Robinson, 2004

Existenţa noastră reprezenta odinioară cel mai mare dintre mistere, dar ea a încetat să mai fie un mister. Darwin şi Wallace au găsit răspunsul, însă noi vom continua o vreme de acum încolo să adăugăm note de subsol la soluţia lor.

Richard Dawkins, 1986

Nullius in verba (Nu te încrede doar în vorbe).

motto-ul Societăţii Regale

REFLECŢII

Una dintre bucuriile oferite de această cercetare este aceea că am descoperit lucruri la care nu mă aşteptam. Cosmologii consideră că Pământul e unul dintre cele mai neînsemnate corpuri dintr-o galaxie ce conţine câteva sute de miliarde de stele, multe dintre ele având propriul lor sistem planetar, în timp ce însăşi galaxia noastră se pierde printre alte peste o sută de miliarde de galaxii din universul vizibil, care reprezintă, conform ortodoxiei cosmologice actuale, o parte incredibil de mică din întregul univers.

Totuşi, pornind de la ştiinţa relativ nouă a astrobiologiei, se pot deduce şase condiţii necesare în care cele mai complexe molecule alcătuite din până la 13 atomi (aflate în spaţiul interstelar şi în asteroizi) pot evolua până la stadiul de fiinţe complexe precum omul. Aceste şase condiţii reduc dramatic zonele dintr-o galaxie şi dintr-un sistem solar în care o asemenea evoluţie ar putea să aibă loc în conformitate cu legile fizice şi chimice cunoscute. Suprafaţa Pământului asigură astfel de condiţii, dar - şi aici apare surpriza - acest lucru se întâmplă numai datorită manifestării concomitente a unor evenimente stelare şi planetare foarte neobişnuite. Chiar dacă nu e unic, Pământul rămâne aproape cu siguranţă unul dintre puţinele locuri propice apariţiei vieţii inteligente în această galaxie.

Pg.477

O altă surpriză este lipsa unei definiţii unanim acceptate a vieţii. Cele mai multe definiţii propuse nu sunt nici suficiente şi nici necesare pentru deosebirea lucrurilor vii de cele lipsite de viaţă, în timp ce multe dintre ele exclud fiinţe vii precum catârii deoarece nu se reproduc. Sper că definiţia pe care am propus-o în capitolul 13 oferă o distincţie viabilă şi arată că există o graniţă ireversibilă, oricât de imprecis ar fi trasată, care marchează o importantă tranziţie evolutivă de la materia neînsufleţită la viaţă.

Sunt deosebit de recunoscător acelor astrobiologi şi geologi care mi-au corectat erorile sau omisiunile şi au făcut comentarii referitoare la concluziile mele din primele versiuni ale diverselor capitole. Au făcut acest lucru fără prejudecăţi şi fără dogmatism, în cea mai bună tradiţie ştiinţifică. Probabil acest lucru se datorează faptului că astrobiologia este o ştiinţă nou apărută, în vreme ce geologia a suferit o schimbare de paradigmă în anii ’60, când, după cincizeci de ani de respingere sistematică a ipotezei derivei continentale, ortodoxia geologică a cedat în faţa dovezilor în favoarea mecanismelor plăcilor tectonice, ale căror detalii sunt investigate şi astăzi.

Din nefericire, când am ajuns la investigarea evoluţiei vieţii, majoritatea răspunsurilor la întrebările mele şi la primele versiuni ale acestei cărţi au fost asemănătoare cu cele ale cosmologilor şi fizicienilor teoreticieni discutate în capitolul 11 de la sfârşitul primei părţi. Acestea pot fi grupate în cinci categorii:

a. Pură desconsiderare.
b. Desconsiderarea politicoasă.
c. Nu cunoaşteţi faptele.
d. Se pare că ştiţi faptele, dar nu le înţelegeţi.
e. Neodarwinismul este compatibil cu toate dovezile şi cu toate ipotezele.

Un răspuns plin de desconsiderare la o rugăminte de a mi se verifica o primă versiune de capitol - care spunea la început că, în ultimii patruzeci de ani, foarte puţine dintre studiile centrate pe speciile vii au căutat să investigheze dacă evoluţia biologică este sau nu reală - începea cu: „Nu am putut să trec de prima frază a textului dumneavoastră [...]. Această afirmaţie este complet neadevărată". În continuare îmi amintea că s-au făcut mii de experimente destinate investigării realităţii evoluţiei biologice, adăugând că „mi se pare că orice persoană obiectivă şi bine informată ar cunoaşte aceste lucruri". Apoi îmi recomanda o carte publicată în 1986 sau orice text universitar despre evoluţie.

Îl rugasem să-mi corecteze erorile sau omisiunile din versiunea acelui capitol tocmai pentru că îmi recunoscusem propria ignoranţă cu privire la domeniul său. Totuşi, acea carte din 1986 nu încearcă să determine dacă evoluţia biologică este sau nu reală, ci prezintă doar metodele de investigare a mecanismelor sale neodarwiniste, adică exact ce spuneam în a doua şi a treia frază din capitolul meu; restul

manuscrisului discută exemplele oferite în manualele universitare actuale. Acest răspuns este un exemplu extrem al felului în care biologii evoluţionişti echivalează fenomenul evoluţiei biologice cu mecanismul neodarwinist, care nu reprezintă singurul mecanism posibil.

Un membru important al elitei biologilor americani a răspuns după câteva ore de la solicitarea mea prin e-mail, spunând: „Am trecut rapid peste textul pe care l-aţi trimis [...]. Ceea ce aţi scris este uneori naiv, incomplet şi părtinitor, neactualizat în multe cazuri şi plin de fapte, referinţe şi teorii greşite".

Treizeci şi nouă din cele şaizeci de referinţe (care erau corecte) din manuscrisul meu reprezentau articole apărute în ultimii şase ani, inclusiv o lungă contribuţie a sa într-o enciclopedie publicată online chiar în anul respectiv. I-am răspuns că mă interesează foarte mult comentariile sale şi că i-aş fi recunoscător dacă m-ar lămuri ce anume este părtinitor şi dacă mi-ar indica erorile importante şi referinţele greşite. Deşi am revenit cu această rugăminte, încă aştept răspunsul.

Răspunsurile din categoria desconsiderării politicoase spun că nu sunt de acord cu concluziile mele, dar îmi doresc toate cele bune. Unii au sugerat că atacul meu împotriva teoriei evoluţiei - o interpretare

greşită a unor intenţii clar declarate - dă de înţeles că sunt de fapt creaţionist. Am fost nevoit astfel să-mi prefaţez solicitările ulterioare cu menţiunea că nu sunt creaţionist sau adept al proiectului inteligent şi că în capitolele anterioare ajunsesem la concluzia că ambele curente se situează în afara domeniului ştiinţei.

În carte, înainte de a examina teoria ortodoxă actuală, am schiţat dezvoltarea teoriei ştiinţifice din fiecare domeniu pentru a ilustra evoluţia ştiinţei ca urmare a apariţiei unor noi dovezi şi a unor noi direcţii de gândire.

Unul dintre cercetătorii consultaţi a obiectat că folosesc cuvântul „ortodox“, deoarece ar face trimitere la credinţa de tip religios. Două exemple de ortodoxie curentă în biologie sunt ipoteza „valorii selective inclusive“ şi cea a „ajutorului reciproc“, invocate de sociobiologi pentru a explica de ce un fenomen atât de răspândit precum colaborarea este compatibil cu competiţia neodarwinistă.

Edward O. Wilson, considerat în general părintele sociobiologiei, a avut onestitatea de a spune că această disciplină a luat-o pe un drum greşit în anii ’60 şi ’70. În 2010, împreună cu doi biologi evoluţionişti matematicieni, Wilson a publicat un articol în Nature unde argumenta că teoria valorii selective inclusive explică doar într-o mică măsură lumea naturală. Cinci luni mai târziu, Nature avea să publice un comentariu semnat de 138 de biologi evoluţionişti care proclamau că „noi *credem* că argumentele lor se bazează pe o înţelegere greşită a teoriei evoluţioniste şi pe o reprezentare greşită a literaturii empirice [sublinierea îmi aparţine]“. O notă de subsol spunea că şi alţi autori au adus contribuţii

importante la acest comentariu, dar nu au fost pomeniţi deoarece sunt menţionaţi în alte comentarii. Astfel, au mai apărut alte patru comentarii (semnate de alţi 17 oameni de ştiinţă) care atacau diferite aspecte ale articolului lui Wilson. Când un total de 155 de biologi evoluţionişti semnează un articol în care îşi exprimă credinţa că întemeietorul sociobiologiei nu înţelege teoriile cuprinse în disciplina respectivă, cred că ne putem face o imagine clară despre ce înţeleg eu prin ortodoxie şi prin mentalitatea elitistă pe care o generează frecvent.

În capitolul 23, mă refer la faptul că lui Lynn Margulis i-a fost greu să-şi publice cercetările în principalele reviste de ştiinţă şi de biologie, în ciuda dovezilor de ordin genetic care dovedeau fără urmă de îndoială că cel puţin unele dintre ipotezele sale sunt valide.

Felul în care biologii ortodocşi îi tratează pe disidenţii din interior şi pe criticii din afară ne aminteşte mult prea mult de modul în care se manifestă cosmologii ortodocşi. Bănuiesc că motivele sunt în mare parte aceleaşi. În biologie, puterea este deţinută de o şcoală care

cuprinde teoreticieni ce folosesc statistica geneticii populaţiilor şi zoologi experimentalişti care lucrează mai ales cu musculiţe de oţet şi care extrapolează rezultatele obţinute nu numai la toate celelalte animale, ci şi la plante, fungi, protoctiste şi bacterii. Această şcoală a oferit biologiei multe idei şi contribuţii valoroase; ipotezele sale au explicat multe dintre lucrurile cunoscute la vremea respectivă.

Dar după mai bine de 60 de ani această perspectivă s-a osificat într-o cultură a echivalării evoluţiei biologice cu modelul neodarwinist şi a confundării demonstraţiilor matematice cu probele empirice. Dovezile contradictorii, în special cele provenite din registrul fosil şi din observaţii asupra unui număr mult mai mare de specii care trăiesc în sălbăticie, sunt fie ignorate, fie negate prin afirmaţii fără susţinere, erori logice sau modele matematice ale căror parametri arbitrari pot fi ajustaţi în aşa fel încât să producă orice rezultat dorit. Celelalte ipoteze sunt ignorate din start sau susţinătorii lor sunt acuzaţi că atacă evoluţia biologică.

O trăsătură comună biologilor, în special în Statele Unite, este reacţia lor la creaţionism şi la încercările de a introduce în şcoli studiul proiectului inteligent în paralel cu evoluţia biologică. În mod paradoxal, prin faptul că ignoră sau neagă dovezi care contrazic neodarwinismul, aceştia oferă muniţie creaţioniştilor şi mişcării proiectului inteligent.

Sunt recunoscător celor care s-au angajat într-un dialog ce s-a dovedit uneori destul de lung, cu toate că şi-au menţinut poziţia ortodoxă. Ei mi-au recomandat unele articole pe care nu le cunoşteam şi mi-au atras atenţia asupra raţionamentelor slabe şi asupra neclarităţilor din unele părţi ale manuscrisului. Unii au recunoscut până la urmă că manuscrisul are multe puncte valide.

Pg.480

Al cincilea tip de răspuns a venit de la biologii evoluţionişti care recunoşteau contradicţiile dintre neodarwinism şi dovezile din natură, precum şi plauzibilitatea ipotezelor alternative. Aceştia au adoptat punctul de vedere potrivit căruia ştiinţa progresează şi astfel neodarwinismul este compatibil cu toate dovezile şi cu toate ipotezele alternative. Pentru a-l cita pe unul dintre ei: „Există neodarwinişti care cred că schimbarea trebuie să fie graduală. Dacă este însă valabilă teoria echilibrului punctat sau chiar cea saltaţionistă, asta nu face decât să demonstreze că acei cercetători au o perspectivă greşită, nu că neodarwinismul ar fi greşit“. Dar gradualismul este un principiu fundamental al darwinismului şi al neodarwinismului.

O abordare atât de tolerantă, ce îmbrăţişează ipoteze contradictorii şi ipoteze respinse de dovezi, transformă teoria într-un instrument inutil. Orice teorie ştiinţifică este definită de principiile sale de bază, iar lui Jerry Coyne ar trebui să i se recunoască meritul că a definit

principiile fundamentale ale neodarwinismului contemporan.

Tiparul istoric al teoriilor ştiinţifice arată progrese mici şi treptate în rafinarea şi aplicarea principiilor fundamentale, urmate de o creştere a numărului de noi dovezi şi/sau de noi perspective care pun în discuţie acele principii fundamentale, apoi de rezistenţa defensivă la aceste sfidări şi, eventual, de acceptarea unui nou set de principii fundamentale, de regulă din partea generaţiei mai tinere a oamenilor de ştiinţă. Aşa s-a întâmplat în geologie şi în fizică: Neils Bohr a fost descumpănit de studiul fizicii deoarece newtonianismul clasic nu putea fi contrazis şi nu mai puteau fi făcute noi descoperiri majore. O astfel de perspectivă este exprimată în citatul lui Richard Dawkins de la începutul acestui capitol.

Biologia evoluţionistă nu a suferit încă o schimbare de paradigmă. Atitudinea plină de smerenie faţă de ceea ce încă nu cunoaştem sau nu înţelegem este o calitate admirabilă, dar nu universal prezentă în rândul biologilor.

Dovezile mai solide obţinute în ultimii 15 ani prin secvenţierea rapidă a genomurilor mai multor tipuri de specii au generat modele care reflectă mai bine dovezile, noi idei şi o nouă perspectivă asupra ipotezelor ignorate sau respinse anterior şi care de fapt sunt compatibile cu acele dovezi. Sper că toate acestea vor produce poate o nouă teorie a evoluţiei biologice, în care neodarwinismul sau unele părţi ale acestuia vor deveni cazuri speciale sau limitative.

Nu toţi biologii evoluţionişti au răspuns la manuscrisele mele aşa cum am arătat mai sus. Un cercetător eminent a comentat: „Am citit secţiunea cărţii dumneavoastră este de departe cea mai completă analiză a complexificării pe care am văzut-o“. În timp ce altul mi-a scris: „Vă felicit pentru efortul de a prezenta atât de multe teorii alternative etc., mai ales că [...] multe dintre ele au fost ignorate sau pur şi simplu nu au fost accesibile publicului larg [...]. În general, cred că prezentarea dumneavoastră păstrează o neutralitate de care aveam de multă vreme nevoie“.

CONCLUZII

Informaţiile prezentate în partea a doua ne conduc la următoarele concluzii:

1. Pentru ca moleculele organice formate din cel mult 13 atomi (întâlnite în spaţiul interstelar şi în asteroizi) să evolueze până la un stadiu asemănător în complexitate cu cel uman trebuie îndeplinite şase condiţii: o planetă cu elementele şi moleculele esenţiale, surse de energie, o masă minimă (şi probabil maximă), protecţie faţă de radiaţiile nocive şi impacturi, un interval restrâns de temperatură imediat deasupra şi imediat dedesubtul suprafeţei

şi stabilitatea biosferei vreme de miliarde de ani. (Capitolul 12)

2. Convergenţa mai multor factori galactici, stelari şi planetari a asigurat aceste şase condiţii pe Pământ, producând un flux schimbător de energie ce traversează un sistem care a rămas stabil, deşi departe de echilibrul termodinamic, vreme de patru miliarde de ani şi care a mijlocit dezvoltarea complexităţii necesare apariţiei şi evoluţiei diverselor forme de viaţă, inclusiv omul. (Capitolul 12)

3. Viaţa poate fi definită drept capacitatea unei entităţi închise de a reacţiona la modificările ce se produc în sine şi în mediul său înconjurător, pentru a extrage energie şi materie din acel mediu şi a transforma acea energie şi acea materie într-o activitate determinată intern ce include conservarea propriei existenţe. Tranziţia de la lipsa vieţii la viaţă nu presupune doar o diferenţă de grad, ci şi una de natură. (Capitolul 13)

4. Au fost identificate dovezi fosile concludente ale existenţei vieţii (sub formă de microorganisme complexe) în roci cu o vechime de două miliarde de ani. Trebuie să fi existat forme mai vechi şi mai simple de viaţă. Există teorii potrivit cărora viaţa datează de 3,5, 3,8 sau chiar 3,85 miliarde de ani, din era hadeană, când Pământul a fost bombardat de asteroizi şi alte resturi cosmice ale formării sistemului solar, dar şi dovezile, şi interpretarea lor sunt discutabile. Cea mai plauzibilă estimare actuală situează apariţia vieţii în urmă cu 3,5 miliarde de ani. (Capitolul 14)

5. Descoperirea extremofilelor, organisme care trăiesc în condiţii extreme asemănătoare cu cele despre care se presupune că ar fi putut să existe în era hadeană, sugerează că viaţa ar fi putut să existe în acea perioadă, adică în timpul primilor 700 de milioane de ani de după formarea Pământului, dar nu constituie o dovadă concludentă. (Capitolul 14)

6. Din cauza numărului redus de probe fosile în general şi din cauza faptului că aproape toate rocile sedimentare formate în primele două miliarde de ani au fost supuse unui proces de subducţie sau au fost transformate în roci metamorfice, este aproape sigur că nu vom descoperi niciodată dovezi clare cu privire la primele forme de viaţă şi că nu vom afla momentul apariţiei lor pe Pământ. (Capitolul 14)

7. Analiza genetică a unei game largi de celule sugerează, dar nu probează, că viaţa a apărut în mod natural o singură dată pe Pământ şi că toate formele de viaţă actuale - de la numeroasele tipuri de bacterii şi până la om - au evoluat dintr-un singur strămoş comun. (Capitolul 14)

8. Nici o ipoteză ştiinţifică nu explică de ce proteinele - molecule esenţiale pentru funcţionarea oricărei celule cunoscute, deci şi a celor mai vechi celule independente - se formează pornind de la combinaţii de 20 de aminoacizi diferiţi dintr-un număr de aproximativ 500 de aminoacizi cunoscuţi şi din ce cauză sunt folosiţi numai izomerii levogiri. (Capitolul 14)

9. Nici o ipoteză ştiinţifică nu explică în mod convingător în ce fel numărul de atomi şi de molecule care alcătuiesc componentele complexe esenţiale, împreună cu funcţionarea şi cu configuraţiile lor schimbătoare, care constituie cea mai simplă (şi probabil cea mai veche) formă de viaţă independentă, au apărut la suprafaţa nou formatei planete Pământ prin interacţiunile dintre atomii şi moleculele alcătuite din cel mult 13 atomi. (Capitolul 15)

9.1. Explicaţia biochimiei ortodoxe cu privire la felul cum a apărut viaţa dintr-o supă primordială, alcătuită din astfel de substanţe chimice, este lipsită de susţinerea experimentală şi este lipsită de validitate, deoarece, printre altele, există o improbabilitate statistică imensă ca reacţii întâmplătoare dintr-o soluţie apoasă să fi putut produce molecule de ARN autoreplicante sau chiar peptide autoreplicante, cu atât mai puţin unele formate numai din amino- acizi levogiri.

9.2. Alte ipoteze - precum cea a complexităţii autoorganizate, a replicatorilor de argilă, a replicatorilor de pirită de fier sau a unui mecanism cuantic în locul celui termodinamic - oferă posibilităţi incitante, dar încă nu explică etapele-cheie şi nu au susţinere empirică.

9.3. Diferitele supoziţii potrivit cărora viaţa a ajuns pe Pământ din spaţiul cosmic nu fac decât să amâne rezolvarea problemei apariţiei vieţii. Cele mai multe dintre ele au fost deja respinse sau pornesc de la premise nefundamentate.

9.4. Principiul antropic slab nu explică nimic, în timp ce interpretările principiului antropic tare şi ipotezele privind existenţa unui proiect inteligent al primei celule nu sunt falsificabile şi deci se situează în afara domeniului ştiinţific.

10. La fel ca în cazul apariţiei materiei, ştiinţa este foarte probabil incapabilă să explice apariţia vieţii. (Capitolul 15)

11. Dovezile oferite de fosile, de structurile omologe, de vestigii, de embriologie, de biogeografie, de biochimie, de genetică şi de genomica fiinţelor vii nu oferă, de unele singure, probe incontestabile în favoarea fenomenului evoluţiei biologice. Totuşi, luate împreună, oferă o dovadă clară a faptului că omul a evoluat din cele mai timpurii forme de viaţă de pe Pământ, care s-au

răspândit pe suprafaţa planetei pentru a forma biosfera sau, mai precis, biostratul. În plus, dovezile indică un tipar clar. (Capitolele 17 şi 18)

12. Registrul fosil se desfăşoară în timp de la simplu la complex: procariotele apar înaintea eucariotelor, eucariotele unicelulare, înaintea celor pluricelulare, simetria radială apare înaintea celei bilaterale şi a cefalizării, nevertebratele apar înaintea vertebratelor, peştii, înaintea amfibienilor, mamiferele, înaintea primatelor şi maimuţele antropoide, înaintea omului. (Capitolul 17)

13. Aceasta nu este o progresie liniară, ci o reţea care fuzionează şi se ramifică în evoluţia de la un strămoş universal comun către o mulţime de filiaţii care, în marea lor majoritate, dispar. (Capitolele 17 şi 18)

14. Deşi graniţa care marchează apariţia unei noi specii nu este de obicei foarte clară, ea totuşi există: odată depăşită, nu mai e cale de întoarcere. (Capitolul 17)

15. Liniile descendente ating nivelul de stază, în care ultimele specii prezintă puţine modificări. Aceste specii fie dispar, fie, lucru mai rar întâlnit, există în continuare câteva zeci sau chiar sute de milioane de ani, până în prezent. (Capitolul 17)

16. Dovezile actuale indică o creştere a complexităţii de-a lungul fiecărei descendenţe; acest fapt e cu certitudine valabil în cazul liniei de descendenţă umană. (Capitolele 17 şi 18)

17. Speciile existente formează un tipar de complexitate progresivă de la bacterii la om. (Capitolul 18)

18. Colaborarea joacă un rol mai important decât competiţia în supravieţuire şi propagarea vieţii, de la genele care acţionează împreună, la procariotele care colaborează în colonii pentru a se susţine şi a se reproduce, la organitele care colaborează în interiorul unei eucariote unicelulare pentru a susţine şi a reproduce celula, la grupurile celulare specializate care colaborează în interiorul organismelor pluricelulare, până la animalele care colaborează în societăţi precum coloniile de insecte, bancurile de peşti, stolurile de păsări şi familii, clanuri, trupe şi alte grupuri sociale întâlnite la numeroase mamifere. Colaborarea este de asemenea larg răspândită între membrii unor specii diferite. (Capitolul 19)

19. În cazul speciilor unicelulare şi animale, colaborarea ia în principal forma unui grup din cadrul unei specii ce comunică şi lucrează laolaltă pentru a construi un adăpost comun, pentru a produce şi creşte urmaşi, pentru a căuta hrană, pentru a se apăra, pentru a ataca prada şi pentru a migra într-un mediu propice

supravieţuirii şi reproducerii. În unele cazuri, diferite grupuri din cadrul aceleiaşi specii sau chiar din cadrul unor specii înrudite colaborează pentru un beneficiu comun, în special în timpul migraţiilor. (Capitolul 19)

20. Colaborarea la speciile unicelulare este înnăscută. În cazul animalelor simple, precum multe specii de insecte, colaborarea este de asemenea înnăscută, dar mai complexă şi adesea impusă; un astfel de comportament poate fi considerat mai degrabă o formă de colectivism decât de cooperativism, în cadrul căruia colaborarea este voluntară sau are beneficii reciproce. (Capitolul 19)

21. Pe măsură ce complexitatea speciilor creşte de la peşti la primate, învăţarea socială creşte la rândul său pentru a completa comportamentul instinctiv; acest fenomen se corelează de asemenea cu creşterea complexităţii creierului însoţită de creşterea inteligenţei, atestată prin găsirea unor soluţii mai ingenioase pentru rezolvarea problemelor. (Capitolul 19)

22. Explicaţia ortodoxă actuală a fenomenului evoluţiei biologice este o sinteză adusă la zi a selecţiei naturale darwiniste a caracterelor ereditare generate aleatoriu, caractere ce le permit indivizilor populaţiei unei specii să fie mai bine adaptaţi la mediul în care trăiesc, reuşind astfel să trăiască mai mult şi să se reproducă mai mult, a geneticii populaţiilor bazată pe statistică şi a dogmei centrale a biologiei moleculare, conform căreia informaţia circulă numai de la genă la proteina celulei. (Capitolul 16)

23. Mulţi susţinători ai paradigmei neodarwiniste spun că selecţia naturală produce evoluţie biologică, dar aceasta nu poate fi o cauză decât dacă natura alege, pentru că selecţia înseamnă alegere. Nu poate fi nici o metaforă pentru o lege naturală, deoarece susţinătorii ei nu invocă nicăieri şi nici nu aduc dovezi pentru o lege naturală a evoluţiei biologice bazate pe genă şi valabilă în cazul tuturor fiinţelor vii. Dacă selecţia naturală este mai mult decât un argument circular (organismele care supravieţuiesc şi se reproduc mai mult sunt cele selectate în mod natural să supravieţuiască şi să se reproducă mai mult), atunci este o înregistrare pasivă a unor efecte determinate de alte procese. (Capitolul 21)

24. Conform modelului neodarwinist, există trei cauze principale ale evoluţiei speciilor (Capitolul 21):

24.1. Mutaţiile genetice generate aleatoriu care codifică trăsături ce oferă unui membru al unei populaţii a speciei un avantaj în competiţia pentru resurse limitate şi protecţie

împotriva prădătorilor în mediul înconjurător al populaţiei respective.

24.2. Competiţia pentru resurse finite din mediul înconjurător, ce are loc în primul rând între membrii unei populaţii aflate în creştere şi le oferă învingătorilor şansa de a trăi mai mult şi de a avea mai mulţi urmaşi.

24.3. Reproducerea sexuată care răspândeşte astfel de mutaţii genetice avantajoase în fondul genetic al populaţiei pe parcursul a zeci sau sute de mii de generaţii.

25. Această ipoteză neodarwinistă ortodoxă explică în mod plauzibil tiparul dominant al dovezilor - marile extincţii ale speciilor - ca rezultat al următoarelor cauze sau combinaţii de cauze: competiţia mortală între membrii unei populaţii aflate în creştere pentru resursele limitate din mediul înconjurător al populaţiei respective, predatorismul practicat de alte specii, răspândirea mutaţiilor dăunătoare în fondul genetic al unei populaţii (pentru a se produce transformări morfologice sunt necesare extrem de multe mutaţii genetice, în contextul în care şi o singură mutaţie poate fi fatală) şi incapacitatea speciei de a se adapta la o modificare a mediului său înconjurător. (Capitolele 16, 17, 18, 19, 21 şi 22)

26. Multe specii suferă variaţii reversibile ca reacţie la modificările mediului înconjurător, datorate mai degrabă unor modificări ale cantităţii relative de variaţii genetice deja prezente în fondul genetic al populaţiei decât acumulării treptate a unor noi mutaţii genetice. Totuşi, modificările reversibile nu constituie o evoluţie a speciei. Pentru a deosebi modificarea adaptativă reversibilă de modificarea ireversibilă, evoluţia biologică trebuie definită drept un proces de schimbare la nivelul organismelor ce are ca rezultat apariţia unei noi specii. (Capitolele 18 şi 21)

27. Nu există dovezi care să susţină explicaţia neodarwinistă a evoluţiei ireversibile a noilor specii. (Capitolul 18)

28. Ipoteza neodarwinistă tradiţională nu reuşeşte să explice următoarele lucruri:

28.1. De ce registrul fosil al animalelor arată existenţa unei staze morfologice, cu modificări minore şi adesea oscilante, urmată de o apariţie bruscă din punct de vedere geologic (de-a lungul a zeci de mii de ani) a unor specii noi care, la rândul lor, rămân în esenţă neschimbate vreme de câteva zeci sau chiar sute de milioane de ani, până când dispar din registrul fosil sau, mai rar, dăinuie până astăzi.

28.2. De ce acumularea de mutaţii genetice este aproximativ asemănătoare în diferite filiaţii, având în vedere

că unele dintre ele nu suferă modificări ale morfologiei sau ale speciilor timp de zeci sau chiar sute de milioane de ani, în ciuda schimbărilor considerabile ale mediului înconjurător, în timp ce altele trec exact în aceeaşi perioadă printr-o serie de tranziţii evolutive majore.

28.3. De ce anumite specii cu gene foarte asemănătoare au fenotipuri foarte diferite, iar alte specii, foarte diferite din punct de vedere genetic, au fenotipuri asemănătoare.

28.4. Speciaţia imediată (şi nu cea graduală) prin poliploidizare, care presupune o creştere a numărului normal de cromozomi din celulă şi care se manifestă în mod natural la multe plante şi la unele specii de peşti, amfibieni, reptile şi chiar mamifere, fiind probabil mai răspândită decât se considera iniţial.

28.5 De ce sau cum se moştenesc caracteristicile dobândite fără să existe nici o modificare genetică subiacentă.

28.6. Funcţia unui procent de aproximativ 98% din genomul uman ce nu conţine gene definite drept segmente de ADN destinate codificării proteinelor: aşa-numitul „ADN deşeu“, care, după cum s-a demonstrat în ultima vreme, este implicat în reglarea expresiei reţelelor genetice, o funcţie care determină fenotipul în aceeaşi măsură în care o fac genele ce codifică proteine.

28.7. De ce o singură celulă fertilizată, rezultată în urma fuziunii celulei sexuale masculine cu cea feminină, se reproduce în celule stem identice care apoi se diferenţiază în celule specializate cu funcţii diferite şi care ulterior evoluează într-un organism masculin sau feminin independent şi complex.

28.8. De ce sau cum au evoluat cele mai numeroase specii de pe planetă; adică procariotele, care nu se reproduc pe cale sexuală, ci prin clonare, şi realizează transfer orizontal de gene, uneori între specii foarte diferite.

28.9. De ce sau cum dovezile evoluţiei biologice sunt caracterizate prin două tipare majore şi înrudite: complexificarea şi colaborarea. (Capitolele 20, 21 şi 22)

Pg.487

29. Afirmaţia adepţilor proiectului inteligent potrivit căreia ipoteza neodarwinistă nu poate explica inovaţiile biologice importante şi tiparul complexificării acestora este susţinută de dovezi substanţiale. Dar a conchide că aceste inovaţii biologice trebuie să fie dirijate de un agent inteligent reprezintă o eroare logică. Faptul că ipoteza neo- darwinistă nu poate explica aceste fenomene nu înseamnă neapărat că nu există sau nu vor exista alte

ipoteze ştiinţifice şi testabile care să ofere explicaţii. Susţinătorii proiectului inteligent nu reuşesc să ofere nici o explicaţie testabilă a credinţei lor, ceea ce face ca proiectul inteligent să nu se încadreze în domeniul ştiinţei. (Capitolul 22)

30. Cât despre alte ipoteze care dezvoltă sau contestă paradigma neodarwinistă, ipoteza echilibrului punctat nu se îndepărtează radical de neodarwinism, dar respinge explicaţia speciaţiei, susţinând că mutaţiile genetice din rândul unei populaţii răspândite pe o arie geografică extinsă se diluează din cauza dimensiunii populaţiei şi a schimbărilor constante ale mediului, care duc la modificări morfologice minore ce oscilează în jurul unei medii, fapt evidenţiat de registrul fosil. Această ipoteză susţine că mutaţiile genetice se răspândesc rapid în subpopulaţii mici, izolate şi aflate la periferie, ceea ce duce la apariţia unor noi specii care nu se pot încrucişa cu indivizi din grupul de origine. (Capitolul 22)

31. Ipoteza apariţiei bruşte contestă de asemenea gradualismul neodarwinist. Susţinută de dovezi biochimice, ea afirmă în mod convingător că starea normală a unui organism este una de homeostază, deoarece mecanismele de reparare celulară corectează constant mutaţiile aleatorii şi astfel previn schimbarea. Numai stresul relativ brusc şi sever poate deregla aceste mecanisme şi poate împiedica repararea mutaţiilor din celulele sexuale, ceea ce produce modificări genomice semnificative care afectează dezvoltarea organismului. Totuşi, această ipoteză nu explică în mod clar cum apar noi specii viabile sau cum se produc tranziţii evolutive care prezintă un tipar de creştere a complexităţii. (Capitolul 22)

32. Teoria neutralistă pune în discuţie acumularea graduală a mutaţiilor genetice benefice, pe care neodarwinismul o consideră singurul mecanism de speciaţie. Această teorie susţine că, la nivel molecular, majoritatea modificărilor genetice acumulate nu conferă nici un avantaj adaptativ sau competitiv, iar speciaţia poate avea loc prin acumularea aleatorie de mutaţii „neutre selectiv". Deşi neagă ideea unui mecanism unic, teoria neutralistă nu explică în mod clar cum apar noi specii viabile sau cum se produc tranziţii evolutive care prezintă un tipar de creştere a complexităţii. (Capitolul 22)

33. Ipoteza duplicării întregului genom, propusă prima dată în 1970, încearcă să explice cum se produc modificări evolutive la vertebrate prin dublarea celor două seturi normale de cromozomi per celulă, etapă urmată de revenirea la numai două seturi de cromozomi per celulă şi dublarea numărului de gene. Deşi a fost

ignorată sau respinsă la vremea respectivă, această ipoteză a început să fie susţinută de secvenţierea recentă a genomului mai multor specii. De exemplu, o mare parte din genomul uman conţine patru seturi de gene multiple cu o structură similară, plasate în locuri diferite pe cromozomi.

Această ipoteză explică în mod plauzibil speciaţia relativ rapidă evidenţiată de registrul fosil. Totuşi, în stadiul în care se află acum, nu explică ce anume a cauzat o astfel de duplicare a genomului sau ce mecanism a fost implicat. Poate că studii ulterioare ale poliploidizării la plante şi la animale vor răspunde acestor întrebări şi vor lămuri rolul acestui mecanism în evoluţia biologică. (Capitolul 22)

34. Teoria epigenetică încearcă să extindă paradigma actuală dincolo de neodarwinism propunând mecanisme negenetice atât în cazul morfogenezei (diferenţierea celulelor stem în celule specializate, care ulterior produc un organism adult complex şi independent), cât şi în cel al moştenirii caracteristicilor dobândite, dar nu explică de ce se petrec astfel de fenomene. (Capitolul 22)

35. Teoria convergenţei contestă perspectiva majorităţii neodarwinişti- lor de azi conform căreia cauzele modificărilor genetice sunt aleatorii, motiv pentru care şi efectele lor fenotipice sunt aleatorii. Această teorie susţine că „inerenţa“ de la nivelul biochimic şi principiul adap- tativ limitează evoluţia biologică la un număr limitat de rezultate fenotipice care manifestă, între altele, un tipar de complexificare progresivă, apariţia omului fiind o condiţie aproape inevitabilă.

În stadiul în care se află acum, această ipoteză nu recunoaşte în mod adecvat dovezile divergenţei în evoluţia biologică (complexificarea progresivă apare de-a lungul unor filiaţii divergente). Distincţia dintre evoluţia convergentă şi cea paralelă (organele, planul corporal sau comportamentele sunt asemănătoare la specii diferite deoarece se regăsesc într-o formă sau alta la un strămoş comun) este estompată, deoarece genele asociate cu dezvoltarea sunt foarte asemănătoare la foarte multe specii diferite; pe de altă parte, planurile corporale rezultate din acţiunea unor astfel de gene foarte asemănătoare sunt foarte diferite.

În evoluţia biologică se găsesc tipare de divergenţă şi de convergenţă. Însă prin faptul că aşază inerenţa la baza convergenţei această

ipoteză descrie numai un tipar, nu şi cauza tiparului, în timp ce invocarea principiului adaptativ nu ajută la definirea unei legi care să poată fi aplicată tuturor organismelor. (Capitolul 22)

36. Ipoteza emergenţei caută să explice de ce, din nenumărate posibilităţi, în evoluţia vieţii se produc doar un număr limitat de emergenţe majore ale complexificării. Deşi ideea că există una sau mai multe legi subiacente ale selecţiei este atrăgătoare, nici una dintre aceste legi nu a fost încă identificată. La fel ca în cazul explicaţiei pe care o oferă cu privire la apariţiei vieţii, această ipoteză nu a avansat dincolo de descrierea fenomenului. (Capitolul 22)

37. Conform adepţilor săi, complexitatea autoorganizată explică atât diferenţierea celulelor stem în celule specializate care se dezvoltă apoi într-un adult independent (morfogeneză), cât şi evoluţia speciilor considerate, fiecare din ele, drept o reţea autoreglată guvernată de un tip special de reguli de comutare în logică booleană ce produc stabilitate la limita haosului. Totuşi, de la introducerea sa în 1991, predicţiile matematice pe care le-a propus au fost contrazise de dovezi genetice şi genomice, modelele sale matematice nefiind încă corelate corespunzător cu datele biologice. În consecinţă, la fel ca în cazul explicaţiei pe care o oferă cu privire la apariţiei vieţii, această ipoteză nu oferă în prezent mai mult decât speranţa că, prin corectarea modelelor sale matematice, va contribui la descoperirea unor noi legi biologice. (Capitolul 22)

38. Ipoteza existenţei unor legi naturale ale evoluţiei genomului a fost formulată în 2011, în urma creşterii volumului de date furnizate de secvenţierea completă a unor genomuri. Această ipoteză susţine că datele de care dispunem indică existenţa câtorva tipare universale în evoluţia genomului şi fenomului în filiaţii ale unor grupuri foarte diverse, precum bacteriile, arheele şi eucariotele. În plus, aceste tipare pot fi explicate prin modele matematice simple, asemănătoare celor folosite în fizica statistică. Întrucât aceste modele nu includ selecţia naturală, tiparele respective sunt modelate de proprietăţile emergente ale ansamblurilor de gene. În consecinţă, sugerează ipoteza, pot fi găsite legi ale evoluţiei biologice comparabile ca statut cu cele ale fizicii. Această abordare ar putea determina de ce rezultatele evoluţiei biologice sunt limitate la doar câteva dintre posibilităţile aproape nelimitate. (Capitolul 22)

39. Ipoteza ingineriei genetice naturale a fost formulată tot în anul 2011, ca o punere în discuţie a paradigmei neodarwiniste, care susţine că evoluţia biologică este cauzată de modificări genetice apărute aleatoriu într-un genom altminteri static. Această ipoteză susţine că celulele au abilitatea înnăscută de a-şi reorganiza genomurile ca răspuns la sute de stimuli diferiţi. În

plus, genomurile nu sunt sisteme de memorie de tip „doar pentru citire“ supuse unor modificări accidentale, ci sunt sisteme de stocare a informaţiei de tip „citire-scriere“ situate la toate scările timpului, de la ciclurile unei singure celule la eoni evolutivi. Capacitatea de a evolua progresează odată cu evoluţia: organismele vii sunt fiinţe ce se modifică de la sine şi sunt intrinsec teleologice. Această ipoteză afirmă că paradigma actuală nu explică rapiditatea şi varietatea complexificării biologice şi că integrarea dovezilor biologice cu abordări bazate pe informaţie şi pe sisteme va produce o nouă paradigmă pentru secolul XXI. Ipoteza ingineriei genetice naturale nu oferă o paradigmă, ci mai curând programul unei paradigme bazate pe conceptul automodificării organismelor, care se dovedeşte a fi mai concordantă cu dovezile existente decât cea actuală. (Capitolul 22)

40. Biologia sistemică contestă reducţionismul modelului neodarwinist prin adoptarea unei perspective holistice asupra fenomenelor naturale şi prin căutarea proprietăţilor emergente. Studiază fiinţele vii ca o reţea integrată şi interactivă de gene, proteine şi reacţii biochimice care dau naştere vieţii şi sunt răspunzătoare de forma şi funcţiile unui organism. Aceste proprietăţi emergente nu pot fi atribuite unei singure părţi din sistem, care este astfel o entitate ireductibilă. Acest concept reflectă realitatea lumii biologice mult mai bine decât modelul neodarwinist şi tinde către o înţelegere mai completă a cauzelor şi mecanismelor evoluţiei biologice. Principalul pericol în viitor este că, prin folosirea bioinformaticii pentru a face faţă unui volum tot mai mare de date de secvenţiere moleculară şi din dorinţa de a fi tot atât de riguroşi precum reducţioniştii, specialiştii acestei subdiscipline se vor concentra atât de mult pe investigarea specializată a părţilor, încât vor pierde din vedere întregul. (Capitolul 22)

41. Asemănătoare la nivel conceptual cu teoria anterioară, dar raportată la întreaga planetă, ipoteza Gaia susţine că biosfera, atmosfera, oceanele şi solul Pământului reprezintă un sistem interactiv capabil de autoreglare; evoluţia organismelor vii este atât de strâns legată de evoluţia mediului lor înconjurător, încât reprezintă practic un singur proces evolutiv. Deşi, la nivel intuitiv, toate aceste lucruri par cât se poate de logice şi au o oarecare fundamentare empirică la nivel global, ipoteza Gaia nu oferă încă o explicaţie suficient de tangibilă cu privire la evoluţia speciilor. (Capitolul 22)

42. Ipoteza cauzalităţii formative încearcă să explice nu numai cum se produc morfogeneza şi evoluţia biologică, ci şi de ce

se produc. Conform acestei ipoteze, nu există legi universal imuabile, care sunt concepte deterministe newtoniene ce nu explică cauza existenţei acestor legi. Mai curând ipoteza spune că natura are deprinderi. Toate speciile recurg şi contribuie la o memorie colectivă universală evolutivă care ia forma unor câmpuri morfice universale evolutive. Printr-un proces de rezonanţă, fiecare câmp morfic îşi impune propriul tipar comportamental într-o activitate altminteri aleatorie pentru a determina, de exemplu, celule stem umane identice să se diferenţieze în celule specializate care produc organisme adulte independente. Unele dovezi experimentale referitoare la comportamentul şobolanilor nu se potrivesc nici cu ipoteza neodarwinistă, nici cu moştenirea epigenetică a caracterelor dobândite, dar se potrivesc cu ipoteza cauzalităţii formative. Lipsa confirmării experimentale a acestei ipoteze, propusă încă din 1981, ar putea fi atribuită reticenţei comunităţii ştiinţifice. (Capitolul 22)

43. Încercarea de a privi prin prisma neodarwinismului comportamentul necompetitiv al tuturor speciilor, inclusiv al celei omeneşti, a avut drept rezultat o perspectivă teoretică a evoluţiei biologice centrate pe genă, perspectivă adoptată de sociobiologie. Principalele sale ipoteze sunt următoarele. (Capitolul 23)

43.1. *Altruismul bazat pe înrudire sau valoarea selectivă inclusivă*.

Pe baza teoriei matematice, această ipoteză susţine că altruismul provine de la indivizii care acţionează în vederea transmiterii cât mai multor copii ale propriilor gene generaţiei viitoare, nu numai în mod direct, prin reproducere sexuată, ci şi în mod indirect, prin asigurarea succesului reproductiv al unei rude apropiate, chiar dacă asta presupune costuri personale. Totuşi, această ipoteză:

a. Nu explică comportamentul majorităţii speciilor de pe planetă, procariotele, care se înmulţesc prin clonare şi pot transfera gene altor procariote aparţinând unor specii foarte diferite.

b. Presupune că membrii unui grup se vor comporta în acelaşi fel dacă împărtăşesc aceleaşi gene, când dovezile existente arată că relaţiile dintre gene şi comportament sunt mult mai complexe.

c. Foloseşte termenul „altruism" pentru a descrie colaborarea forţată.

d. Confundă comportamentul animal înnăscut şi forţat cu cel uman intenţional.

e. Nu explică altruismul la specia umană.

f. Nu reuşeşte să explice colaborarea dintre animale care nu sunt veri de gradul întâi.

43.2. *„Altruismul reciproc“*

Această ipoteză susţine că animalele şi oamenii se comportă altruist deoarece un act lipsit de egoism va fi recompensat în viitor. Se bazează pe o contradicţie în termeni: dacă un gest este apoi răsplătit, nu mai poate fi considerat un act altruist, ci este mai curând ajutor reciproc sau cooperare. Suferă de primele cinci neajunsuri ale ipotezei altruismului bazat pe înrudire. În plus, nu există dovezi ale unor comportamente din natură care să susţină această ipoteză. „Dovezile" sale sunt teoretice, aşa cum sunt şi variantele sale ce încearcă să explice comportamentele cooperative, egoiste şi duşmănoase. Aceste abordări se bazează fie pe modele matematice care nu generează tipare ale comportamentului real, fie pe teorii extrem de simpliste ale jocurilor din anii ’50, teorii care nu ţin cont de realităţile biologice, pot fi construite în aşa fel încât să producă orice rezultat dorit, nu au valoare predictivă şi schimbă sau chiar inversează accepţiunea generală a unor termeni.

43.3. *Gena egoistă*

Această ipoteză susţine că genele sunt mecanismele de bază ale vieţii. Astfel, corpurile individuale pot să nici nu existe, iar genele concurează unele cu altele pentru supravieţuire şi reproducere. Această teorie se bazează pe eroarea conceptuală de a atribui intenţii segmentelor unui acid şi este contrazisă de dovezi.

43.4. *Gena genială*

Această ipoteză ilustrează faptul că teoria jocurilor poate fi construită în aşa fel încât să producă orice rezultat dorit.

43.5. *Selecţia pe mai multe niveluri*

Această ipoteză recunoaşte că ipotezele sociobiologice anterioare sunt greşit concepute, oferă o perspectivă mult mai realistă asupra lumii complexe a organismelor şi a interacţiunilor dintre ele şi cu propriul mediu înconjurător, iar descrierea felului în care decurg tranziţiile evolutive majore este concordantă cu colaborarea ca principal factor determinant al evoluţiei biologice.

44. Colaborarea reprezintă una dintre cele mai mari provocări pentru ştiinţele biologice şi cele sociale, însă aceasta este o problemă autoimpusă, generată de adoptarea modelului neodarwinist, care se bazează pe competiţie. Această problemă poate fi rezolvată prin recunoaşterea faptului că există colaborare la orice nivel al vieţii şi că aceasta este principala cauză a dezvoltării şi supravieţuirii organismelor. (Capitolul 19)

Pg.493

44.1. Genele conlucrează în vederea dezvoltării unui

organism, adesea fiind reglate de alte gene care conlucrează la rândul lor.

44.2. Un organism unicelular este alcătuit din părţi care îndeplinesc funcţii specifice şi care colaborează pentru a menţine şi reproduce organismul.

44.3. O celulă eucariotă e alcătuită dintr-un nucleu care controlează colaborarea dintre părţile celulare sau organitele ce desfăşoară funcţii specifice pentru menţinerea şi reproducerea celulei, în timp ce organismele pluricelulare sunt alcătuite dintr-o ierarhie de grupuri celulare care colaborează pentru a menţine organismul şi pentru a produce urmaşi.

44.4. Organismele, de la procariotele simple până la om, colaborează pentru propria supravieţuire şi propria reproducere.

45. Cu precădere colaborarea (şi nu competiţia neodarwinistă) este cea care produce evoluţie biologică caracterizată prin complexificare, inovaţie şi diversificarea formelor de viaţă, pornind de la cele mai vechi şi simple procariote. Colaborarea dintre diferitele tipuri de bacterii arhaice (simbioză) le-a permis unor organisme mai mici să trăiască în interiorul unor organisme mai mari (endosimbioză), etapă urmată de fuziunea acestora (simbiogeneză), pentru a forma primele eucariote unicelulare (care sunt mai mari, mai complexe şi au nucleu). Simbiogeneza ulterioară cu alte bacterii arhaice şi transferul de gene de la endosimbionţi la nuclei au dat naştere unor celule eucariote mai mari şi mai complexe ce conţin organite care colaborează şi care sunt caracteristice regnului animal, celui vegetal şi celui al fungilor. Coloniile de eucariote unicelulare din aceste regnuri au fuzionat pentru a forma eucariote pluricelulare şi mai complexe. (Capitolul 23)

46. Complexificarea şi inovaţia petrecute ulterior în regnul animal nu se explică prin acumularea graduală a unor mutaţii genetice aleatorii în cadrul populaţiei unei specii pe parcursul mai multor generaţii în aceeaşi măsură în care se explică prin: (Capitolele 17, 18, 22 şi 23)

46.1. Transpozonii implicaţi în reglarea expresiei genelor şi generarea diferitelor tipuri de celule şi de structuri biologice.

46.2. Transferul orizontal de gene între specii.

46.3. Fuziunea genomurilor prin hibridizare.

46.4. Duplicarea întregului genom (posibil prin hibridizare sau poliploidie).

47. Colaborarea dintre membrii grupului unei specii pentru

a construi adăposturi comune, pentru a produce şi creşte urmaşi, pentru a căuta hrană, pentru a se apăra, pentru a ataca prada şi pentru a migra într-un mediu cu resurse mai bune (ipoteza ajutorului reciproc), împreună cu colaborarea dintre membrii unor specii diferite, este un factor mai important decât competiţia neodarwinistă pentru creşterea probabilităţii acelor membri de a supravieţui şi a se reproduce. (Capitolele 16 şi 23)

48. La fel ca în cazul competiţiei, colaborarea poate fi înnăscută - comportament care s-a dovedit util pentru supravieţuire şi reproducere şi a fost moştenit genetic sau epigenetic, sau probabil a rezultat dintr-un câmp morfic - sau intenţională, aşa cum e în cazul societăţilor umane. (Capitolul 23)

49. Colaborarea furnizează o explicaţie mult mai plauzibilă decât competiţia neodarwinistă pentru tiparul observat în cazul acelor specii taxonomice ce manifestă o dezvoltare a abilităţilor cognitive prin învăţare socială. (Capitolul 19 şi 23)

50. Evoluţia vieţii este mai mult decât evoluţie biologică. Conştiinţa, ca percepere a mediului înconjurător, a celorlalte organisme şi a propriului sine ce poate duce la acţiune, apare în forme rudimentare încă de la procariote, cele mai primitive şi mai vechi forme de viaţă de pe Pământ, aşa cum ne arată acţiunile pe care le întreprind pentru a supravieţui ca reacţie directă la stimuli externi şi interni. În măsura în care procariotele individuale au colaborat în comunităţi, s-au dezvoltat şi unele reacţii directe menite să asigure supravieţuirea colectivă. (Capitolul 24)

51. Conştiinţa se dezvoltă de-a lungul liniilor descendente animale, lucru demonstrat de evoluţia unor acţiuni mai complexe şi mai variate, în special prin apariţia unor comportamente înnăscute, învăţate, sociale şi inovatoare. Pe măsură ce de-a lungul descendenţei umane au apărut specii mai complexe, comportamentele învăţate, sociale şi inovatoare au căpătat o importanţă mai mare. (Capitolul 24)

52. Corelaţia fizică a acestei dezvoltări a conştiinţei este constituită de evoluţia animalelor cu un sistem nervos electrochimic ce permite reacţii mai rapide, mai variate şi mai flexibile la stimuli externi. Acest proces este caracterizat prin patru tendinţe interconectate. (Capitolul 24)

52.1. *Dezvoltarea*

O creştere netă a numărului de neuroni şi a conexiunilor dintre ei.

52.2. *Complexificarea*

Sistemul nervos devine mai complex nu numai prin creşterea numărului de neuroni şi a conexiunilor modificabile

dintre ei (până la apariţia creierului uman, cel mai complex lucru cunoscut în univers), ci şi prin creşterea numărului şi dimensiunii grupurilor interconectate de neuroni care procesează şi controlează reacţiile la o gamă tot mai mare de stimuli externi şi interni. Neocortexul - partea creierului cel mai recent evoluată şi totodată cea mai complexă - manifestă cea mai mare creştere de la mamiferele timpurii până la om, corelată cu o creştere a comportamentului inovator - un semn al inteligenţei - de la mamifere la primate, urmată de o şi mai mare creştere a comportamentului inovator şi a inteligenţei la specia umană.

52.3. *Centralizarea*

Dezvoltarea şi complexificarea sunt însoţite de o centralizare progresivă care merge de la reţelele difuze de neuroni (la animalele primitive mai simple) la un sistem nervos central (la vertebrate), unde cele mai multe grupări neuronale se concentrează în cap, iar restul, în măduva spinării.

52.4. *Optimizarea*

Centralizarea şi complexificarea reduc lungimea conexiunilor neuronale şi astfel timpul de transmisie şi de reacţie, având loc în schimb o sporire a tipurilor de reacţie. În timp ce, în general, animalele au dimensiuni tot mai mari pe măsură ce linia lor descendentă evoluează, creierul şi dimensiunile corpului oamenilor moderni sunt mai mici decât cele ale strămoşilor lor umanoizi, fapt concordant cu optimizarea raportului creier-corp pentru o eficienţă maximă a sistemului nervos electrochimic în ceea ce priveşte asigurarea unor reacţii mai rapide şi mai flexibile.

53. Organismele care au colaborat în vederea supravieţuirii cel mai probabil au provocat selecţia naturală a reţelelor genetice ce promovează dezvoltarea, complexificarea şi centralizarea sistemului nervos. Acest proces constituie o corelaţie fizică a dezvoltării conştiinţei, care până acum a atins cel mai înalt nivel la specia umană. Optimizarea sistemului nervos electrochimic în vederea unor reacţii mai rapide şi mai flexibile este un rezultat al legilor fizicii. (Capitolul 24)

Pornind de la datele pe care le avem, se pot deduce patru legi calitative ale evoluţiei biologice.

Pg.496

prima lege a evoluţiei biologice Competiţia şi schimbările rapide ale mediului înconjurător duc la dispariţia speciilor.

a doua lege a evoluţiei biologice Colaborarea duce la

evoluţia speciilor.

a treia lege a evoluţiei biologice Fiinţele vii evoluează prin creşterea complexităţii şi a centralizării de-a lungul liniilor descendente care fuzionează unele cu altele şi se ramifică, ajungând la stază în toate cazurile, cu excepţia unei singure linii descendente.

a patra lege a evoluţiei biologice Dezvoltarea conştiinţei se corelează cu creşterea colaborării, a complexificării şi a centralizării.

În partea a treia voi examina dacă apariţia omului a marcat o schimbare de grad sau de natură în evoluţia vieţii.

PARTEA A TREIA
Apariţia şi evoluţia omului

CAPITOLUL 26
Apariţia omului

Calitatea esenţială a omului [...] este gândirea conceptuală.
Julian Huxley, 1941

Originea şi dezvoltarea culturii umane - vorbirea articulată şi medierea simbolică a ideilor, credinţele şi comportamentul - sunt printre cele mai mari enigme nerezolvate din studiul evoluţiei umane. Astfel de probleme nu se pot explica prin date anatomice sau arheologice.
Russell Howard Tuttle, 2005

Orice explicaţie cu privire la originile noastre - când, cum şi de ce am evoluat din primate - depinde de înţelegerea condiţiei noastre de oameni. Aş începe deci partea a treia trecând în revistă diversele definiţii ale omului, formulând definiţia pe care o voi folosi eu şi examinând dovezile referitoare la apariţia oamenilor, pentru ca apoi să analizez cum o explică ştiinţa actuală.

CE ESTE OMUL?

Ca şi în cazul definirii vieţii, nici aici nu există un consens privind întrebarea ce este omul. Specialiştii definesc omul din perspectiva propriei discipline, dar chiar în cadrul aceleiaşi discipline apar diferenţe semnificative.

Paleoantropologii apelează la abilităţi specifice arheologiei,

antropologiei şi anatomiei pentru a studia apariţia oamenilor, astfel încât este instructiv să încep prin a vedea cum identifică ei omul. După Donald Johanson, cel care a descoperit bucăţi din scheletul fosilizat al unei creaturi poreclite Lucy, despre care a tras concluzia că avea mersul biped, „bipedalismul este cea mai distinctivă şi probabil cea mai timpurie trăsătură definitorie a oamenilor“. Dar pinguinii, păsările Emu, struţii şi celelalte păsări sunt bipede. Dintre primate, cimpanzeii uneori merg în două picioare pe sol, dar ţin genunchii îndoiţi. În schimb, urangutanii se deplasează de la o ramură la alta a copacilor unde trăiesc, adoptând, de regulă, o poziţie bipedă, cu picioarele drepte precum oamenii, ridicându-şi braţele pentru echilibru şi pentru a apuca. Şi chiar Johanson o plasa pe Lucy în taxonul preuman *Australopithecus afarensis*.

Pg.501

Frecvent, dinţii sunt singurele fosile hominine găsite în siturile preistorice, şi adesea au fost folosiţi doar unul sau doi dinţi pentru a hotărî dacă o fosilă este umană sau aparţine unei alte specii. Raţionamentul este acela că cimpanzeii actuali, ruda genetică cea mai apropiată a oamenilor, au caninii mari, proeminenţi şi ascuţiţi, premolarii inferiori cu o singură cuspidă, care ascute caninii superiori şi un smalţ dentar subţire; oamenii de azi au caninii mai mici, asemănători incisivilor centrali, premolarii inferiori sunt bicuspizi, iar dinţii au smalţ dentar gros. Măsura în care dinţii fosili seamănă mai curând cu cei umani decât cu cei ai cimpanzeilor indică poziţia creaturii respective în arborele filogenetic care porneşte de la strămoşul comun al oamenilor şi cimpanzeilor şi ajunge până la oamenii actuali. Totuşi prezumţia folosită este aceea că dinţii s-ar fi modificat în ramura care duce la omul actual, dar nu s-au modificat în ramura care conduce către cimpanzeii actuali. Aşa cum vom vedea mai târziu, descoperitorii lui *Ardipithecus ramidus* susţin că strămoşul comun al cimpanzeilor şi al oamenilor nu semăna cu cimpanzeii actuali. În plus, urangutanii actuali au un smalţ dentar gros.

Alţi paleoantropologi folosesc capacitatea craniană drept caracteristică definitorie a oamenilor. Dar, aşa cum am văzut în capitolul 24, elefanţii au o capacitate craniană cam de şase ori mai mare decât a omului, iar capacitatea craniană a omului de acum 30.000 de ani era asemănătoare cu cea a neanderthalienilor din aceeaşi perioadă, estimată a fi cu 10% mai mare decât cea a omului actual[208].

Chris Stringer, de la Muzeul de Istorie Naturală al Marii Britanii, încearcă să examineze toate datele, folosind o suită de caracteristici pentru a defini omul: creier de volum mare, craniu înalt şi boltit, frunte verticală, faţă mică şi plată, arcade sprâncenoase reduse, mandibulă cu bărbie osoasă, dinţi mai mici şi mai simpli, os timpanic

uşor, conţinând oasele urechii, os scurt şi aproape circular în secţiune transversală, în faţa pelvisului, lipsa crestelor iliace care să întărească pelvisul deasupra articulaţiei şoldurilor şi oase ale coapsei ovale în secţiune transversală şi îngroşate mai ales în faţă şi în spate.[1] Totuşi, chiar dacă toate aceste oase ar fi fost găsite la un specimen preistoric, ceea ce nu s-a întâmplat în realitate, ele reflectă mai curând un grad redus de deosebire faţă de alţi hominini decât nişte caracteristici unic umane.

Zoologul Desmond Morris susţinea că o caracteristică definitorie a oamenilor este lipsa blănii, fapt care îi deosebeşte de 193 de alte specii de antropoide şi maimuţe.[2] Totuşi, această caracteristică nu-i deosebeşte pe oameni de balene, delfini şi multe alte mamifere. Chiar dacă oamenii au fost definiţi ca maimuţe fără blană, acest criteriu nu ajută la stabilirea apariţiei omului, deoarece blana fosilizată se găseşte extrem de rar.

Pg.502

Geneticienii definesc oamenii după genele lor. Totuşi, aşa cum am văzut în capitolul 18, oamenii au în comun cam 94% dintre genele lor cu cimpanzeii şi, probabil, 90% dintre ele cu şoarecii209. Analiza iniţială a genomului omului de Neanderthal, publicată în 2010, sugerează că genele oamenilor diferă de cele ale neanderthalienilor cu numai 0,3%[3]; deşi această diferenţă este mai mică decât cea de 6% faţă de cimpanzei, ea nu este cu mult mai mare decât diferenţa de 0,1-0,15% estimată în cazul oamenilor actuali.[4]

Unii geneticieni încearcă în prezent să identifice gene particulare, sau variaţii, care sunt unice pentru specia umană, dar cred că această cercetare nu are şanse să descopere o caracteristică unică, mai ales din următoarele cauze: variaţiile genetice dintre oameni şi faptul că cele mai multe gene acţionează laolaltă cu multe alte gene sub formă de reţele, ceea ce le permite să fie de multe ori implicate în funcţii diferite ale căror efecte depind hotărâtor de reglarea lor: măsura în care sunt activate, când şi pentru cât timp.

Puţini antropologi susţin astăzi că omul este definit mai curând de cultură decât de gene; teoria ortodoxă actuală este coevoluţia gene-cultură. Dar în acest cadru, majoritatea privesc cultura drept o trăsătură specific umană. De exemplu, în cartea lor *Not by Genes Alone: How Culture TransformedHuman Evolution*, Peter Richerson şi Robert Boyd definesc cultura ca „informaţie capabilă să influenţeze comportamentul pe care indivizii îl dobândesc de la alţi membri ai speciei prin învăţare, imitaţie şi alte forme de transmitere socială“. Totuşi, cum am văzut în capitolul 19, cu excepţia învăţării toate aceste trăsături sunt prezente şi la alte animale, de la peşti la primatele nonumane, ba chiar şi învăţarea a fost observată la suricate210.

Mulţi cercetători în domeniul neuroştiinţelor susţin astăzi că pot

defini omul identificând sediul capacităţilor specific umane - precum limbajul, folosirea simbolurilor şi conştiinţa propriei individualităţi - în creier şi reţelele neuronale şi mecanismele cognitive care le susţin. Întrebarea dacă aceste capacităţi nu sunt decât activitate neuronală în anumite zone ale creierului sau, dimpotrivă, activitatea neuronală reprezintă un corelativ al acestor capacitaţi este o problemă fundamentală, mai curând de ordin metafizic decât ştiinţific, problemă pe care o voi analiza mai târziu. În ceea ce priveşte identificarea apariţiei oamenilor din strămoşi primate, totuşi neuronii nu lasă urme fosile, astfel încât e nevoie de alte dovezi.

Pg.503

Definiţia propusă

Oamenii sunt unici nu prin mersul biped, dinţi, capacitatea craniană, structura scheletului, lipsa blănii, gene, cultură, aşa cum a fost descrisă mai înainte, sau activitatea neuronală din anumite zone ale creierului. Astfel de caracteristici fie sunt prezente şi la alte organisme, fie variantele umane diferă numai în mică măsură de aceleaşi trăsături întâlnite la celelalte organisme.

După câte ştim astăzi, avem totuşi o caracteristică unică.

Tiparul dovezilor identificate în partea a doua a acestei cărţi ne oferă un indiciu. Evoluţia vieţii în ansamblu este marcată de trezirea conştiinţei, definită după cum urmează:

> **conştiinţă** Percepere a mediului înconjurător, a celorlalte organisme şi a propriului sine în feluri care pot conduce la acţiune; o proprietate deţinută de toate organismele, în diferite grade, de la nivelurile rudimentare, la organismele foarte simple, până la nivelurile sofisticate, la organismele cu un sistem cerebral complex.

Odată cu creşterea complexităţii, cu centralizarea şi, în cazul oamenilor, cu optimizarea sistemului nervos, conştiinţa se dezvoltă în genealogia umană până la momentul în care devine conştientă de sine. La fel ca în cazul apei încălzite până la 100° Celsius, apare o schimbare de stare: conştiinţa reflectă asupra ei înseşi.

> **conştiinţă reflexivă** Proprietate a unui organism prin care el este conştient de propria sa conştiinţă, adică nu numai că ştie, dar şi ştie că ştie.

Oamenii pot fi deci definiţi ca:

> **Homo sapiens** Singura specie care posedă conştiinţă reflexivă.

Această facultate îi face pe oameni capabili să gândească despre ei înşişi şi despre relaţiile lor cu restul universului, căruia ştiu că-i aparţin.

Dovezi ale conştiinţei reflexive

Cea mai grăitoare dovadă a acestei facultăţi este faptul că omul poate să întrebe şi să încerce să răspundă la întrebări de tipul: Ce suntem? De unde venim? Ce este universul în care existăm? şi aşa mai departe: lucruri ce ţin de religie, de filozofie şi de ştiinţă.

Aceasta este înflorirea deplină a conştiinţei reflexive. Totuşi, ea nu a apărut brusc, gata formată, aşa cum o cantitate de apă care fierbe nu se transformă instantaneu în vapori atunci când se atinge temperatura de 100° Celsius.

Pg.504

Şi atunci cum îi putem detecta apariţia, primele licăriri din timpuri preistorice? Răspunsul pe care-l sugerez rezidă în dovezile acelor facultăţi secundare prezente la primate, pe care conştiinţa reflexivă le transformă, precum şi a unor facultăţi noi, secundare, pe care aceeaşi conştiinţă le generează. Cele mai importante facultăţi secundare pe care conştiinţa reflexivă le transformă radical sunt înţelegerea, memoria, previziunea, cogniţia, învăţarea, inventivitatea, intenţia şi comunicarea. Printre noile facultăţi secundare pe care le generează se numără gândirea, judecata, intuiţia, imaginaţia, creativitatea, abstractizarea, voinţa, limbajul, credinţa şi moralitatea. Datorită conştiinţei reflexive se face diferenţa între cooperare (colaborare raţională, voluntară) şi colectivism (colaborare instinctivă, condiţionată sau forţată).

Aceste facultăţi secundare au tendinţa să acţioneze sinergic, iar rezultatele unor astfel de acţiuni lasă urme. De exemplu, înţelegerea, combinată cu inventivitatea, previziunea şi imaginaţia, dă naştere unor unelte specializate, complexe; cogniţia, combinată cu imaginaţia produce credinţa în puteri supranaturale care conduc la ritualuri religioase; cogniţia, combinată cu comunicarea, produce artă figurativă - picturi şi sculpturi; dacă se adaugă imaginaţia, arta se extinde la imagini care nu pot fi văzute în viaţa reală; dacă se adaugă abstracţia, arta se extinde la simboluri.

Am văzut în partea a doua că apariţia conştiinţei la diferite specii s-a asociat, de asemenea, cu faptul că membrii speciei trăiesc în grupuri, fapt care facilitează, printre altele, învăţarea socială. Facultăţile individuale transformate sau generate de conştiinţa reflexivă care sunt împărtăşite de societăţile umane alcătuiesc cultura lor.

> **cultură umană** Cunoaşterea, credinţele, valorile, organizarea, obiceiurile, creativitatea exprimată prin artă şi inovaţia exprimată prin ştiinţă şi tehnologie specifice unei societăţi, care sunt învăţate şi dezvoltate de către membrii respectivei societăţi şi transmise de la unii la alţii, de la o generaţie la alta.

Această definiţie distinge caracteristici unice ale societăţii umane, spre deosebire de definiţia dată culturii de Richerson şi Boyd, care se aplică multor societăţi nonumane.

STRĂMOŞII OMULUI

Pentru a identifica momentul apariţiei omului - acele prime licăriri de conştiinţă reflexivă evidenţiate prin semne ale facultăţilor secundare pe care le transformă sau le generează - trebuie să ştim din ce anume au apărut oamenii.

Pg.505

Tabelul 20.1 (paginile 397-400) arată opinia majoritară, dar în nici un caz unanimă, asupra taxonomiei speciei umane: *Homo sapiens* este singura specie care a supravieţuit din genul Homo, în cadrul unui trib de hominini care face parte din familia hominizilor, parte din suprafamilia hominoidelor,

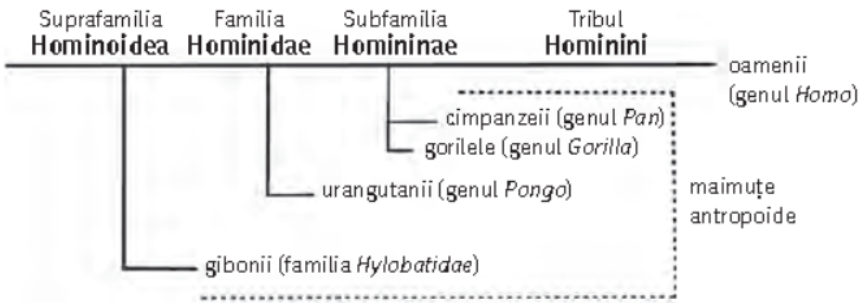


Figura 26.1 Arborele filogenetic care arată descendenţa omului din strămoşul hominoid.

Figura 26.2 Posibile căi pentru o descendenţă ce conduce la apariţia lui Homo sapiens din strămoşi hominizi.

o ramură a ordinului primatelor. Cei mai mulţi cercetători din domeniu consideră că aceste clasificări reflectă descendenţa în cadrul unui arbore evolutiv ramificat de la o clasă de primate de tip maimuţă

antropoidă, fără coadă, precum *Proconsul*, care a trăit cu 25 până la 5 milioane de ani în urmă în estul Africii şi care este încadrat în suprafamilia *Hominoidea*. Figura 26.1 evidenţiază ramurile acestui arbore evolutiv, cu exemple ale speciilor existente. El include o subfamilie adiţională, *Homininae*, care cuprinde grupul homininilor, cele două specii de cimpanzei şi gorilele, dar exclude urangutanii.

Oricum, stabilirea descendenţei până la omul modern (specia Homo sapiens) este foarte problematică; inconvenientul este numărul mic de dovezi, care provoacă interpretări contradictorii şi neînţelegeri referitoare la clasificările taxonomice şi la relaţiile ancestrale, reflectate în figura 26.2.

Dovezile şi problemele pe care le pun

Pg.506

Cam o dată pe an, presa de popularizare şi, adesea, revistele ştiinţifice anunţă descoperirea câte unei noi fosile sau redatarea unei fosile deja descoperite folosind o nouă tehnică, ceea ce duce la rescrierea istoriei apariţiei omului. În lucrările lor academice, oamenii de ştiinţă au tendinţa de a fi mai precauţi decât în conferinţele de presă. Lucru de înţeles.

Aşa cum spune istoricul arheolog Robin Derricourt, de la Universitatea din New South Wales, Australia:

> Atât paleoantropologia, cât şi arheologia primilor oameni operează într-un cadru în care ştiinţa nu este experimentală, datele sunt împrăştiate, iar ipotezele nu sunt uşor de respins şi nici de reprodus. Sunt puţine alte ştiinţe în care o dovadă izolată să poată susţine sau modifica un model interpretativ la scară largă fără ca dovada în sine să fie rapid testabilă.
>
> În acest cadru, personalitatea joacă un rol important - gânditorul conservator sau inovatorul, dogmaticul sau scepticul, taxonomul *splitter* sau taxonomul *lumper*.[5]

Situaţia oferă un teren fertil pentru legea interpretării datelor şi rareori, dar semnificativ, pentru cazurile de fraudă[211].

Pentru deducerea relaţiilor evolutive şi a comportamentului speciilor care au precedat omul modern sunt folosite cinci tipuri de dovezi: fosilele, alte rămăşiţe, datarea relativă şi „absolută" (radiometrică), genetica şi speciile existente în prezent. Fiecare dintre ele are propriile limitări.

Fosilele

Principala problemă este numărul mic de fosile. Dintr-o perioadă de 2,5 până la un milion de ani, numai aproximativ 50 de indivizi au fost clasificaţi ca fiind o specie de Homo, iar în cele mai multe cazuri probele sunt reprezentate de unul sau doi dinţi sau de un fragment de

os.

Nu au fost găsite aproape niciodată schelete complete din timpurile preistorice. Chiar şi celebrul schelet Lucy, evaluat la o vârstă de 3,2 milioane de ani, constă în fragmente care formează împreună 47 de oase din totalul de 206 oase ale unui om adult. Fragmentele de dinţi, mandibule inferioare, oase craniene superioare sau faciale sunt cele mai frecvente fosile, urmate de fragmente de femur, în timp ce rămăşiţele de picioare, mâini, pelvis şi coloană vertebrală sunt extrem de rare.

Este uşor să te laşi sedus de imaginile 3-D moderne şi sofisticate, generate pe computer, ale unui craniu, dar acurateţea lor depinde de ipotezele de bază cu privire la felul în care fragmentele sfărâmate ar trebui reconstruite şi la poziţionarea lor la nivelul craniului, precum şi de ipotezele cuprinse în programul care creează un craniu întreg pe baza datelor iniţiale.

Pg,507

Estimările capacităţii craniene sunt adesea folosite pentru a plasa o fosilă într-o anumită specie. Tabelul 26.1 cuprinde aceste dimensiuni ale creierului la trei hominine diferite; de asemenea, arată cât de puţine specimene stau la baza acestor evaluări.

Chiar dacă estimările capacităţii craniene ar fi corecte şi numărul probelor, cu mult mai mare, după cum am văzut în capitolul 2, nici dimensiunea craniului, nici raportul dintre dimensiunea craniului şi greutatea corporală nu sunt criterii de încredere pentru evaluarea abilităţilor cognitive şi, implicit, a nivelului conştiinţei[212].

Hominin	Capacitatea craniană medie (cc)	Numărul de fosile
Australopithecus	440	6
Paranthropus	519	4
Homo habilis	640	4
Homo erectus javanez (Trinil şi Sangiran)	930	6
Homo erectus chinez (Peking man)	1,029	7
Homo sapiens	1,350	7

Tabelul 26.1 Estimarea dimensiunii creierului fosilelor hominine și numărul de probe.
Sursa: Russell Howard Tuttle, 2014.

În privinţa scheletelor, în general, adulţii sunt mai mari decât tinerii, şi cei mai mulţi masculi de hominide sunt mai mari decât femelele, dar gradul de dimorfism sexual variază între specii, făcând problematică interpretarea unui număr atât de mic de fragmente, adesea împrăştiate. Timp de mulţi ani *Ramapithecus,* un grup de specii despre care se crede că au trăit acum 15 până la 5 milioane de ani, a fost considerat strămoşul lui *Australopithecus* şi implicit al oamenilor

moderni. Această presupunere s-a bazat pe o mandibulă reconstruită şi pe fragmente de dinţi găsite în două locuri îndepărtate unul de altul, Fort Ternan, din Kenia, şi Siwalik Hills, din India. Genetica moleculară şi alte fosile mai târzii au dus la ipoteza că acestea erau de fapt femele de *Sivapithecus,* un gen descris mai demult şi considerat strămoşul urangutanilor.[6]

După cum am văzut, este imposibil de stabilit pe baza resturilor fosile dacă un specimen anume este un hibrid; este o problemă dificilă şi la speciile existente astăzi, în cazurile în care hibridizarea între mamifere înrudite produce urmaşi fertili (vezi paginile 338 şi 366); astfel de hibrizi apar şi între cimpanzei şi bonobo şi multe specii de maimuţe. Cu toate acestea, hibridizarea reuşită poate induce modificări fiziologice semnificative la urmaşi.

Pg.508

Din cauza numărului mic de resturi fosile, şi supoziţiile cu privire la comportament sunt deosebit de dificile.

Alte rămăşiţe

Specimenele găsite împreună cu resturi fosile ale altor hominini sau, foarte frecvent, izolate sunt folosite pentru a deduce comportamentul hominini- lor - şi în consecinţă, nivelul lor de conştiinţă.

Cel mai adesea este vorba de unelte, în special unelte de piatră, deoarece acestea se conservă, de unde şi denumirea de Epoca de Piatră. Şi aici există o limitare: nu ştim dacă primii hominini foloseau şi unelte din materiale perisabile şi alte ustensile, cum ar fi suliţele ascuţite de lemn şi săgeţile otrăvitoare, sau adăposturi şi ascunzători făcute din bambus.

Atunci când uneltele de piatră sunt singurele rămăşiţe găsite într-un strat geologic, interpretarea funcţiei lor, a gradului de sofisticare şi a asemănării lor cu rămăşiţe fosile găsite în altă parte a continentului sau chiar pe alte continente, pentru a deduce care specie le-a confecţionat, este mai curând o artă decât o ştiinţă.

Resturile de cărbune pot proveni dintr-o vatră, arătând că indivizii respectivi foloseau focul pentru a se încălzi, a se apăra de prădători sau a prepara hrana, dar pot de asemenea să provină dintr-un trunchi de copac ars într-un incendiu de pădure. Alte rămăşiţe sunt fosilele de animale, precum fragmentele de oase de leu sau de lup. Acestea împreună cu rămăşiţele hominine sunt de regulă împrăştiate în sit şi adesea nu este deloc clar dacă homininul este cel care a ucis sau a devorat animalul sau invers, ori dacă unul a târât părţi din cadavrul celuilalt dintr-un alt loc decât cel în care este găsit, ceea ce afectează datarea fosilelor.

Datarea

În datarea relativă se presupune că specimenele găsite în straturi geologice mai joase sunt mai vechi decât cele din straturile superioare. Dar eroziunile, alunecările de teren, cutremurele şi alte fenomene geologice pot încurca stratificarea cronologică. În cazuri rare, cenuşa vulcanică produsă în urma unei erupţii se poate răspândi foarte departe, astfel încât specimenele găsite într-un asemenea strat pot fi considerate de aceeaşi vârstă, dar asta nu ne spune despre ce vârstă e vorba.

Pg.509

Datarea cu radiocarbon, introdusă în anii ’50, era promiţătoare din acest punct de vedere213.[i] Mai târziu s-a recunoscut totuşi că datarea unor probe mai vechi de 30.000 de ani devine din ce în ce mai puţin credibilă, deoarece cantitatea de carbon-14 rămas într-o probă după acest timp este prea mică pentru o măsurătoare exactă, iar contaminarea probei poate distorsiona semnificativ rezultatul. Descoperiri şi mai recente despre fluctuaţiile razelor cosmice şi modificările în circulaţia atmosferică a Pământului au demontat presupunerea că procentul de carbon-14 din atmosferă a rămas constant.

Au fost dezvoltate şi alte tehnici radiometrice, rezumate în tabelul 26.2, cu scopul de a extinde intervalul în care se poate face datarea şi de a permite verificări încrucişate. Totuşi, fiecare din aceste metode are probleme şi limitări, rezumate competent de Chris Stringer.

Metoda	Intervalul aproximativ
Carbon-14	0–40.000 de ani
Izotopi de uraniu	0–500.000 de ani
Luminescenţa	0–750.000 ani
Rezonanţa electronică de spin	0–3.000.000 de ani
Argon-40/argon-39	0–1.000.000.000 de ani

Sursa: Chris Stringer, 2011, pp. 33–44.

Tabelul 26.2 Tehnici radiometrice şi marja lor de siguranţă.

Tehnicile sunt constant revizuite şi îmbunătăţite, şi aceasta a dus la redatarea specimenelor descoperite cu mulţi ani în urmă, uneori cu rezultate senzaţionale. De exemplu, un fragment de craniu uman descoperit în 1932 în Florisbad, Africa de Sud, fusese datat prin analiza cu carbon a turbăriei unde fusese găsit la o vechime de 40.000 de ani. În 1996, datarea smalţului unuia dintre molarii superiori prin rezonanţă electronică de spin i-a atribuit o vârstă de 260.000 de ani.[7]

Genetica

Analiza genetică a fost adoptată ca o tehnică ce ar putea permite o abordare ştiinţifică mai precisă pentru reconstituirea apariţiei omului. După ce s-a descoperit că ADN-ul mitocondrial provenit exclusiv de la

mamă (nu şi de la tată) se clonează în mitocondrionul celulei fertilizate din care s-au format embrionii, cercetătorii Rebecca Cann, Mark Stoneking şi Allan Wilson, de la Departamentul de Biochimie al Universităţii din California, Berkeley, au elaborat o cale de a reconstitui descendenţa matriliniară pe baza schimbărilor în timp ale ADN-ului mitocondrial (ADNmt). În lucrarea lor de referinţă din 1987, publicată în Nature, au analizat ADN-ul mitocondrial a 147 de femei din cinci regiuni geografice, au introdus datele într-un program computerizat creat chiar de ei şi au ajuns la concluzia că „toate aceste probe de ADN mitocondrial provin de la o femeie care trebuie să fi trăit în urmă cu aproximativ 200.000 de ani, probabil în Africa.“[8]

Pg510

Atât presa ştiinţifică, cât şi presa de popularizare au elogiat această realizare, considerând că a fost identificat strămoşul tuturor oamenilor moderni, aşa-numita Evă Mitocondrială. Rezultatele au reprezentat un sprijin puternic pentru ipoteza a originilor africane recente (vezi mai jos). Totuşi, lucrarea lor a întâmpinat mai multe critici. De exemplu, programul lor computerizat putea produce mii de arbori genealogici şi nu toţi îşi aveau rădăcinile în Africa; calibrarea timpului era discutabilă, iar probele lor biologice, de asemenea (multe dintre probele din Africa proveneau de fapt de la afroamericani).[9]

Ulterior s-au făcut studii similare privind modificările cromozomului Y întâlnit numai la bărbaţi. Diferitele analize menite să reconstituie ascendenţa patriliniară până la cromozomul Y al lui Adam au indicat o vechime de la 142.000 de ani[10] până la 100.000-60.000 de ani, în Africa.[11] Nu s-a explicat însă niciodată cum de au reuşit membrii unei mici populaţii de Adami cu cromozomul Y să fertilizeze membrele unei mici populaţii de Eve Mitocondriale care erau cu 58.000 până la 140.000 de ani mai bătrâne. Astfel de discrepanţe pun şi mai mult în discuţie analizele genetice (mai ales tehnica ceasului molecular) folosite pentru reconstituirea evoluţiei biologice, aşa cum am arătat în capitolul 24 (vezi pagina 392).

Speciile actuale

Paleoantropologii iau adesea în discuţie două tipuri de specii actuale pentru a deduce comportamentul strămoşilor noştri preistorici: cimpanzeii, deoarece din punct de vedere genetic sunt specia cea mai apropiată de omul modern, şi societăţile de vânători-culegători.

Mulţi cercetători asociază comportamentul agresiv al cimpanzeilor masculi adulţi cu caninii lor lungi, ascuţiţi şi proeminenţi şi presupun că dinţii homininilor, asemănători cu aceştia, implică un comportament asemănător. Totuşi, aşa cum am văzut mai înainte, presupunerea că dinţii cimpanzeilor au rămas neschimbaţi timp de 5 până la 7 milioane de ani, în vreme ce dinţii omului au evoluat, este

foarte discutabilă.

Problema atribuirii comportamentului homininilor pe baza asemănărilor scheletice cu cimpanzeii actuali este foarte bine ilustrată de bonobo. În timp ce cimpanzeul comun, *Pan troglodytes,* trăieşte în pădurile din aproape întreaga zonă ecuatorială a Africii, bonobo, *Pan paniscus*, se găseşte numai în pădurile tropicale joase de la sud de fluviul Congo, în Republica Democrată Congo. Deşi sunt numiţi uneori cimpanzei pitici, există o suprapunere considerabilă de dimensiuni între indivizii celor două specii, care sunt foarte asemănători şi din punct de vedere genetic. Dacă s-ar dezgropa un schelet complet, ar fi foarte dificil să stabileşti dacă aparţine unui cimpanzeu sau unui bonobo, şi imposibil, dacă s-ar găsi numai fragmente fosile. Totuşi, comportamentul lor diferă semnificativ.

Pg.511

Cimpanzeii mănâncă mai ales fructe şi frunze, dar ocazional vânează mamifere mici şi maimuţe. Trăiesc în comunităţi de 15 până la 100 de membri, dar obişnuiesc să culeagă hrana şi să vâneze în grupuri flexibile de 6 până la 10 indivizi. Fiecare comunitate este dominată de un mascul alfa, iar ceilalţi masculi adulţi formează o ierarhie liniară în care dominaţia este menţinută sau răsturnată prin demonstraţii de agresivitate sau agresivitate reală; toţi masculii adulţi sunt dominanţi faţă de femele, care formează şi ele o ierarhie socială a lor, mai complexă. Cimpanzeii masculi patrulează regulat la graniţele teritoriului şi se implică în atacuri sălbatice, adesea letale, împotriva comunităţilor învecinate.[12]

Spre deosebire de cimpanzei, bonobo sunt cu mult mai puţin agresivi. Şi ei îşi completează uneori dieta cu mamifere, dar nu vânează maimuţe, ci se joacă şi se purică cu ele. Spre deosebire de cimpanzei, la bonobo nu s-au observat comportamente de canibalism sau infanticid. Comunităţile lor sunt mult mai egalitare, conduse de obicei de femele; se angajează frecvent în toate tipurile de activităţi sexuale: heterosexuale, homosexuale, orale, anale. Folosesc sexul pentru a reduce tensiunile din cadrul comunităţii şi au mai puţine conflicte cu comunităţile învecinate de bonobo.[13]

În absenţa oricăror dovezi directe referitoare la comportamentul strămoşilor umani, pare rezonabilă deducerea acestuia din comportamentul comunităţilor actuale de vânători-culegători, cum sunt pigmeii aka şi bofi din bazinul fluviului Congo sau comunitatea pila nguru din Marele Deşert Victoria, situat în vestul Australiei. Totuşi, atunci când se folosesc astfel de dovezi trebuie luate în considerare două întrebări. În primul rând, în ce măsură a evoluat comportamentul lor din cel al strămoşilor lor de acum 10.000 - 15.000 de ani? În al doilea rând, cât de reprezentativi sunt strămoşii lor pentru vânătorii-culegători din acea perioadă? Indivizii umani

manifestă abilităţi cu diverse grade de competenţă, reprezentate de obicei printr-o curbă în formă de clopot. De exemplu, referitor la intelect, Einstein şi alţi câţiva se află la o extremă a curbei, cei mai mulţi dintre noi ne situăm undeva în jurul nivelului mediu, iar un mic număr de oameni au un nivel intelectual scăzut. Aşa cum voi arăta în capitolul următor, putem să fim destul de siguri că majoritatea oamenilor vânători-culegători arhaici au inventat sau au adoptat invenţiile legate de agricultură, cu ajutorul căreia îşi îmbunătăţeau traiul. Vânătorii-culegători de astăzi reprezintă în jur de 2% din populaţia umană. Sunt ei oare descendenţii unor oameni arhaici care nu aveau abilitatea de a inventa sau de a adopta acest mod mai eficient de obţinere a hranei, sau le lipsea intuiţia de a migra în zone în care ar fi putut s-o facă?

Pg.512

Cu aceste rezerve legate de dovezi, voi încerca să rezum ce anume cunoaştem despre strămoşii noştri enumeraţi în figura 26.2.

Tribul de hominini

Paleontologul Michel Brunet susţine că cele mai vechi resturi fosile de hominini constau într-un craniu spart şi deformat, trei fragmente de mandibulă şi câţiva dinţi izolaţi, descoperite toate în 2001 într-un deşert din Chad, la 2.600 de kilometri vest de valea riftului est-african. El a clasificat aceste rămăşiţe drept o nouă specie, *Sahelanthropus tchadensis*, avansând teza discutabilă că această fiinţă avea un mers biped. Datarea indirectă a stabilit o vârstă de 7 milioane de ani, care depăşeşte datările genetice acceptate, de 6.3 până la 5,4 milioane de ani, pentru cel mai vechi strămoş comun al oamenilor şi cimpanzeilor, din care se presupune că provenim.[14] Totuşi, revedeţi pagina 392 pentru critica tehnicii datării moleculare şi pagina 394 pentru gama largă de date la care s-ar fi produs diferenţierea om-cimpanzeu, obţinute de diverşi cercetători folosind această tehnică.

Un alt candidat pentru poziţia de hominin biped, în vârstă de aproximativ 6 milioane de ani, este *Orrorin tugenensis*, clasificat pe baza a trei fragmente de femur, un fragment de humerus, o parte dintr-o mandibulă, câţiva dinţi izolaţi şi oase de falange, găsite în patru situri din Tugen Hills, Kenya, în anul 2000.[15]

În 2009, o echipă internaţională numeroasă, condusă de Tim White, de la Universitatea din California, Berkeley, a anunţat o descoperire mai substanţială în regiunea riftului Afar, din nord-estul Etiopiei. După 15 ani de reconstrucţie din fragmente de oase şi un craniu sfărâmat în bucăţele de circa 4 cm, au obţinut 110 specimene, incluzând un schelet parţial de femelă şi bucăţi din alţi 35 de indivizi găsite în sedimente vechi de 4,4 milioane de ani.

Clasificat drept o nouă specie, *Ardipithecus ramidus* a trăit într-o

zonă care era împădurită în acea vreme. Femela era scundă, de aproximativ 120 cm, şi cântărea în jur de 50 kg - cu o capacitate craniană asemănătoare, conform estimărilor, cu cea a cimpanzeilor. În opinia unuia din membrii echipei, C. Owen Lovejoy, de la Kent State University, Ohio, spre deosebire de cimpanzei, care au picioarele scurte şi braţele lungi, structurate astfel încât să-i ajute să se legene de pe o creangă pe alta, şi cu mers patruped pe sol, *A. ramidus* se deplasa între crengi folosind mâinile şi picioarele şi avea un mers biped, chiar dacă nu atât de eficient ca al homininilor mai târzii. Din scheletul şi dinţii lor, echipa a tras concluzia că *A. ramidus* demonstrează că strămoşul comun al oamenilor şi cimpanzeilor nu era asemănător cimpanzeilor, ale căror trăsături aparte au evoluat mai târziu pe o cale diferită de cea a oamenilor.[16] David Pilbream, de la Harvard, este unul dintre paleoantropologii sceptici în legătură cu această concluzie.

Pg.513

Echipa a mai descoperit în aceeaşi zonă şi alte fosile, pe care le-a datat la o vechime de circa 5,5 milioane de ani, trăgând concluzia că este vorba de o specie mai timpurie a aceluiaşi gen, clasificată drept *Ardipithecus kadabba*.

Nu este clar în ce fel *Ardipithecus* se înrudeşte cu genul mai recent, *Australopithecus,* din care cea mai cunoscută specie este *Australopithecus afarensis* (Lucy). Australopitecinele sunt caracterizate printr-o postură complet erectă şi mers biped, deşi măsura în care toate speciile puteau să se deplaseze confortabil în două picioare pe pământ este un subiect de dispută. Totuşi, cutia lor craniană este asemănătoare ca formă şi dimensiune cu cea a cimpanzeilor, deşi proporţional mai mare, dacă se ia în considerare dimensiunea corpului. Taxonomii lumper şi splitter nu se pun de acord dacă e vorba de cinci sau opt sau mai multe specii de *Australopithecus*, cei mai mulţi paleoantropologi susţinând că este vorba de două specii robuste, *A. robustus* (Africa de Sud) şi *A. bosei* (Africa de Est), şi un gen diferit, *Paranthropus,* cum se poate vedea în figura 26.2.

Diferiţi paleoantropologi afirmă că una sau mai multe specii de *Australopithecus* au evoluat către prima specie din genul Homo în urmă cu aproximativ două milioane de ani. În 2011, candidatul a fost *Australopithecus sediba*. Bazându-se pe două jumătăţi de schelete bine conservate pe care le-a găsit în peştera Malapa din Africa de Sud, Lee Berger, de la Universitatea din Witwatersrand, a susţinut împreună cu colegii săi că, deşi *A. sediba* are braţe lungi şi o cutie craniană mică, precum a australopitecinelor mai timpurii, dinţii săi mici, mulajul intern al craniului, indicând prezenţa unui lob frontal mare, nasul proeminent, forma pelvisului, articulaţiile gleznelor, degetele mari ale tălpilor lungi şi celelalte degete scurte, precum şi picioarele lungi seamănă mai mult cu tiparul uman. În continuare, au susţinut că *A.*

sediba este cel mai plauzibil strămoş al omului, posibil al lui *Homo erectus*. Analiza cu izotopi de uraniu a calcitului format de cursul de apă pe solul peşterii l-a datat la o vechime de 1,977 milioane de ani. Prin urmare, susţine echipa lui Berger, acest fapt invalidează clasificarea vreunei specii mai timpurii drept oameni.[17]

Fred Spoor, de la University College London şi Institutul Max Planck de Antropologie Evoluţionistă din Leipzig, este unul dintre cei câţiva paleoantropologi care contestă această concluzie, argumentând, între altele, că analizele morfologice şi comparaţiile făcute de Berger şi colegii săi sunt insuficiente pentru a le susţine ipoteza; maxilarul lui *A. afarensis* din Hadar, Etiopia, este mult mai asemănător cu cel al omului decât cel al lui *A. sediba*, care l-a precedat cu 370.000 de ani, iar un interval de 80.000 de ani este insuficient pentru trecerea evolutivă de la *A. sediba* la o specie de Homo.[18]

Genul *Homo*

Relaţiile ancestrale nu sunt mai limpezi nici în privinţa genului Homo. Cea mai timpurie specie este considerată *Homo habilis*, ale cărui fosile din Kenia şi Tanzania sunt datate la 1,9 până la 1,5 milioane de ani; unele dintre ele au fost găsite împreună cu unelte de piatră extrem de primitive numite Oldowan (vezi mai departe); unelte asemănătoare au fost datate la aproximativ 2,6 milioane de ani vechime. Un craniu reconstruit şi redatat la 1,9 milioane de ani este considerat fie o variantă de *H. habilis,* fie o specie separată, *H. rudolfensis*. Descoperirea din 2012 a unei feţe şi a două mandibule cu dinţi, datate la 1,78-1,95 milioane de ani vechime, au condus la concluzia că *H. rudolfensis* era într-adevăr o specie separată.[19]

S-ar putea ca oricare sau nici una din cele trei specii, *Homo habilis*, *Homo rudolfensis* sau *Homo ergaster*, să fi fost strămoşul lui *Homo erectus*, şi ca oricare sau nici una dintre ele să fi fost strămoşul lui *Homo heidelbergensis*, *Homo neanderthalensis* şi *Homo sapiens*, tot aşa cum *H. heidelbergensis* s-ar putea să fi fost sau nu strămoşul vreunuia dintre cei doi, *H. neanderthalensis* şi *H. sapiens*, sau al amândurora.

Neanderthalienii

Anatomic, neanderthalienii se deosebesc de oameni prin aceea că sunt mai scunzi, dar mai puternici. Capacitatea cranianã a adultului neanderthalian este în medie de 1.400 cc, mai mare decât cea a lui Homo sapiens actual, dar raportul între creier şi dimensiunea corpului este puţin mai mic; principalele deosebiri în privinţa structurii craniului sunt enumerate în tabelul 26.3.

Neanderthalian	Omul modern
Arcada sprâncenoasă mare.	Arcada sprâncenoasă redusă.
Bărbia şi fruntea înclinate spre spate.	Frunte dreaptă, bărbie osoasă.
Creasta occipitală mare şi dinţată în spatele craniului.	Craniu înalt, rotunjit

Tabelul 263 Diferenţe între craniul de neanderthalian şi cel al omului modern.

Fruntea înclinată spre spate a fost interpretată ca un indiciu al faptului că neanderthalienii aveau un creier anterior - zona în care sunt procesate funcţiile cognitive - mai puţin dezvoltat decât omul.

În timp ce analiza ADN-ului mitocondrial a apreciat la 500.000 de ani data separării dintre neanderthalieni şi liniile de descendenţă ale omului modern, analiza ADN-ului lor nuclear a sugerat că această despărţire s-a petrecut cu 440.000 până la 270.000 de ani în urmă.[20]

Pg.515

Rămăşiţe atribuite lui *Homo neanderthalensis* au fost găsite în situri din Europa, în vestul Asiei, în Asia Centrală, până în Uzbekistan, şi în sud, până în Orientul Mijlociu. Ele au fost datate la 400.000 până la 30.000 de ani, ceea ce înseamnă că neanderthalienii s-au suprapus în timp cu Homo sapiens vreme de cel puţin 10.000 de ani. Faptul că au avut loc suprapuneri geografice a reieşit şi din schiţa genomului neanderthalian menţionată anterior. Analiza ADN-ului nuclear extras din trei oase ale unor indivizi diferiţi găsiţi în peştera Vindija din Croaţia indică faptul că oamenii au între 1 şi 4% gene de neanderthalieni, ceea ce sugerează că au avut loc împerecheri limitate între cele două specii.[21]

Uneltele de piatră asociate cu omul de Neanderthal includ răzuitoare, topoare de mână triunghiulare, bifaţetate, vârfuri triunghiulare făcute din aşchii, care sugerează folosirea suliţelor, mai curând pentru împungere decât pentru aruncare, şi dălţi sau unelte cu vârf pentru perforare, dar nu şi unelte de os, cum ar fi acele de cusut.[22]

În 2010, João Zilhão şi colegii săi de la Universitatea din Bristol au susţinut că în două situri neanderthaliene erodate din provincia Murcia, din sud-estul Spaniei, se găseau valve de scoici marine perforate şi vopsite cu pigment, servind probabil ca podoabe pentru corp. În oricare alt sit acestea ar fi considerate semne ale unui nivel înalt de conştiinţă, dacă nu chiar de conştiinţă reflexivă, şi s-ar presupune că sunt produse de om. Totuşi, Zilhão susţine că aceste scoici sunt vechi de „aproximativ 50.000 de ani“. Ele reprezintă „dovezi sigure că [...] cu 10 milenii înainte ca existenţa primilor oameni moderni să fie înregistrată în Europa comportamentul neanderthalienilor era organizat simbolic“. În fapt, informaţiile suplimentare din lucrarea sa prezintă o listă de datări cu carbon ale

celor cinci scoici dintr-un sit, care variază de la 38.150 ± 360 de ani până la 45.150 ± 650 de ani, şi ale altor patru specimene de cărbune de lemn dintr-un alt sit, care variază de la 98 ± 23 ani până la 39.650 ± 550 de ani vechime.[23] Aceste datări contrazic vârsta pretinsă de 50.000 de ani.

Cei mai mulţi paleoantropologi subliniază lipsa unor dovezi ferme în privinţa simbolurilor, a obiectelor de artă şi a altor semne de conştiinţă reflexivă în siturile de neanderthalieni, comparativ cu prezenţa lor foarte răspândită în siturile umane, şi conchid că neanderthalienii erau inferiori primilor oameni din punct de vedere cognitiv.

În absenţa unor dovezi credibile, dispariţia neanderthalienilor, cu aproximativ 30.000 de ani în urmă, este mai mult o speculaţie decât o ipoteză. Paleoantropologii sugerează, printre altele, că: spre deosebire de oameni, neanderthalienii nu s-au putut adapta la schimbările climatice rapide din acea vreme; s-au încrucişat cu oamenii şi au fost asimilaţi de aceştia; au contactat boli specifice oamenilor, pentru care nu erau pregătiţi imunitar; au fost ucişi de oameni.

Hobiţii

În 1994, o echipă mixtă australiano-indoneziană a reconstruit oase fosilizate găsite într-o peşteră din insula indoneziană Flores, obţinând un schelet parţial de adult înalt de un metru, cu braţe lungi, frunte joasă şi fără bărbie. Au estimat capacitatea cranianã la 380 cc, asemănătoare cu cea a celor mai mici australopitecine şi mai mică decât cea a unui cimpanzeu de mărime medie; totuşi situl era asociat cu unelte de piatră şi posibil o vatră, împreună cu rămăşiţe de stegodon asemănător unui elefant pitic, care probabil că fusese vânat.

Echipa a tras concluzia că această creatură se trage din *Homo erectus*, despre care se crede că ar fi ajuns în această regiune în urmă cu circa un milion de ani. Pe această insulă izolată, fără competitori şi cu hrană limitată, aceşti hominini au devenit pitici, ca şi stegodonul. (De fapt, insula Flores are şi rămăşiţe de şobolani enormi, şopârle mari şi broaşte ţestoase gigantice, astfel încât nu este clar de ce unele specii s-ar fi micşorat, în timp ce altele ar fi devenit neobişnuit de mari.) Ei au clasificat această descoperire drept o nouă specie umană, sub numele de *Homo floresiensis*, poreclit hobit, care a stârnit o publicitate internaţională şi în acelaşi timp controverse printre paleoantropologi.[24] Au fost descoperite mai multe rămăşiţe aparţinând unui număr de şase până la nouă indivizi, în funcţie de modul în care se face reconstrucţia, cu o vechime de 17.000 până la 95.000 de ani.

În 2009, Peter Brown, de la Universitatea din New England, membru al echipei care a desemnat iniţial creatura drept *Homo*

floresiensis, şi-a reconsiderat această primă clasificare. Mai mult decât atât, a susţinut că cercetări ulterioare au arătat că *Homo erectus* asiatic nu era strămoşul hobiţilor, ale căror caracteristici aveau mai multe în comun cu australopitecinele decât cu fosilele vechi de 1,75 milioane de ani din Dmanisi, Georgia, reprezentând, după cât se ştie până în prezent, prima specie de Homo din afara Africii.[25]

Denisovanii

În 2010 o echipă internaţională condusă de Svante Paabo, de la Institutul Max Planck de Antropologie Evoluţionistă, a anunţat că identificaseră o nouă populaţie hominină, nu pe baza unor fosile, ci doar pornind de la dovezi genetice. Extrăseseră ADN-ul dintr-o falangă descoperită în peştera De- nisova, din sudul Siberiei, care, prin uneltele existente în sit, indică faptul că ar fi fost ocupată de Homo cu până la 280.000 de ani în urmă. Osul a fost găsit într-un strat geologic cu vârsta între 50.000 şi 30.000 de ani, care conţinuse înainte lame mici de piatră şi pietre şlefuite, caracteristice paleoliticului superior, precum şi unelte mai puţin rafinate caracteristice mai degrabă paleoliticului de mijloc, ducând la speculaţia că peştera ar fi fost ocupată atât de neanderthalieni, cât şi de oameni moderni, la un moment sau altul.

Pg.517

Analiza ADN-ului mitocondrial (ADNmt) a arătat că respectivul individ făcea parte dintr-un grup pe care l-au numit denisovan, care se desprinsese din linia comună de descendenţă ce ducea către oamenii moderni şi neanderthalieni, cu aproximativ un milion de ani în urmă, adică de două ori mai vechi decât momentul separării dintre neanderthalieni şi oamenii moderni, astfel încât era o specie mai timpurie. S-a arătat de asemenea că genomul denisovan diferă de cel al omului modern de două ori mai mult decât diferă genomul neanderthalian.

Totuşi, analizele ulterioare de ADN nuclear, bazate pe mai multe supoziţii, inclusiv data la care s-a produs ramificarea om-cimpanzeu, indică faptul că individul respectiv avea aceeaşi origine cu neanderthalienii, plasată în urmă cu aproximativ 640.000 de ani, şi că genomul denisovan diferă de cel al oamenilor moderni cam în aceeaşi proporţie ca genomul neanderthalian. Echipa lui Paabo a folosit analiza ADNmt a unui dinte care nu seamănă nici cu molarii umani, nici cu cei neanderthalieni, sugerând că denisovanii au avut o istorie populaţională separată. În special, denisovanii nu au contribuit la genomul oamenilor eurasiatici, aşa cum a făcut-o omul de Neanderthal; în schimb au contribuit cu 4 până la 6% din genomul lor la cel al melanezienilor de astăzi, dar nu şi al altor populaţii din estul Asiei, mai apropiate geografic de Denisova, precum chinezii han sau

mongolii.

Echipa nu i-a încadrat pe denisovani sau neanderthalieni într-o clasificare taxonomică specifică. Ei au interpretat aceste rezultate genetice bazate pe degetul şi dintele din Denisova ca o dovadă că în Eurasia au existat cel puţin două forme arhaice de hominini în pleistocenul târziu (cu 125.000 până la 10.000 de ani în urmă): neanderthalienii, care erau foarte răspândiţi în estul Eurasiei, şi denisovanii, răspândiţi în vestul Asiei; au avut, şi unii, şi ceilalţi, încrucişări limitate, dar separate în timp, cu *Homo sapiens*.[26]

CELE MAI VECHI URME ALE SPECIEI *HOMO SAPIENS*

Tim White şi colegii săi de la Universitatea din California, Berkeley, au afirmat în 2003 că cele mai timpurii fosile care seamănă cel mai mult cu oamenii moderni sunt trei cranii descoperite la Herto Bouri, în Triunghiul Afar din Etiopia, datate radioizotopic la o vechime de 160.000 până la 154.000 de ani. Nu le-au clasificat drept specimene pe deplin dezvoltate de oameni moderni, definindu-le drept o subspecie, *Homo sapiens idaltus*, care, în opinia lor, reprezintă cel mai probabil strămoşul nostru direct.[27]

În 2008, John Fleagle, de la Universitatea Stonybrook din New York, a redatat de la 130.000 la 196.000 de ani cele două specimene descoperite de Richard Leakey în 1967 în Kibish, Etiopia, lângă râul Omo. El a făcut afirmaţia controversată că primul specimen, numit Omo 1, constând într-un schelet parţial şi fragmente de faţă şi mandibulă, a fost cea mai veche fosilă umană. Al doilea, Omo 2, constând într-un craniu fără faţă, era mai primitiv.[28]

Pg.518

Fie că este sau nu validă, această afirmaţie se referă doar la anatomia relativă, nu şi la caracteristica unică a conştiinţei reflexive. Pentru aceasta din urmă trebuie să găsim dovezi ale facultăţilor secundare pe care le transformă sau le generează.

Uneltele

Mai înainte am sugerat că înţelegerea combinată cu inventivitatea, previziunea şi imaginaţia conduce la confecţionarea unor unelte compuse specializate. În general, arheologii au clasificat uneltele de piatră după tradiţie sau mod de fabricare, numindu-le după locul unde a fost studiată prima dată o anume colecţie de astfel de unelte, deşi se folosesc şi alte clasificări, precum cele regionale sau Modurile I-V. Nu doar clasificarea uneltelor s-a schimbat şi continuă să se schimbe, ci şi perioadele culturale caracterizate de diverse tipuri de unelte. Epoca pietrei în Europa a fost iniţial împărţită în două, paleolitic sau epoca veche a pietrei, şi neolitic sau epoca nouă a pietrei. Paleoliticul a fost mai târziu împărţit în trei mari etape, inferior, mijlociu şi superior, iar

mezoliticul a fost mai apoi inserat între paleoliticul superior şi neolitic.

Paleoliticul inferior (numit şi epoca timpurie a pietrei din Africa subsahariană) începe cu cele mai vechi unelte de piatră recognoscibile ca atare, numite oldowan, după defileul Olduvai din Tanzania, şi constau în aşchii de piatră obţinute prin lovire. Se presupune că aşchiile au fost folosite pentru răzuire, iar pietrele ciobite, pentru zdrobire. Foarte probabil că înainte homininii foloseau pietre neciobite pentru zdrobire, aşa cum s-a observat că fac şi unii cimpanzei, dar acestea ar fi foarte greu de deosebit de restul pietrelor. Cele mai vechi unelte din perioada oldowan provin din Gona, Etiopia, şi au o vârstă de aproximativ 2,6 milioane de ani.[29] Următoarea dezvoltare semnificativă, veche de aproximativ 1,7 milioane de ani, este aceea a uneltelor din acheulean, numită astfel după localitatea Saint-Acheul din nordul Franţei. Aici aşchiile au fost îndepărtate de pe două feţe ale pietrelor pentru a produce topoare de mână de formă piriformă şi vârfuri. Astfel de unelte bifaţetate au fost găsite în situri din Europa, Africa şi Orientul Mijlociu, India şi Asia, pe întreaga durată a paleoliticului inferior, care se încheie cu aproximativ 180.000 de ani în urmă în Europa şi cu 150.000 de ani în urmă în Africa[30] şi reprezintă mai mult de 93% din durata arheologiei.

Este dificil să vezi dovezi ale conştiinţei reflexive în unelte atât de primitive cum sunt cele de tip olduwan şi acheulean, care s-au dezvoltat timp de aproape 2,5 milioane de ani. De atunci, rata perfecţionării uneltelor, reflectând nivelul de conştiinţă al producătorului, a crescut continuu.

Pg.519

Nu se ştie exact când au apărut primele unelte compuse specializate. S-a spus că fragmentele şi vârfurile de piatră găsite la Twin River, în Zambia, erau destinate fixării pe mânere de lemn şi datează de acum 260.000 de ani.[31] Kyle Brown, doctorand la Universitatea din Cape Town, afirma în 2009 că unelte din aşchii de silcret se pot confecţiona numai după încălzirea prealabilă a materialului (o crustă silicioasă dură de tipul cimentului), pentru îmbunătăţirea proprietăţilor aşchiilor şi un aspect lucios. Astfel de unelte de silcret se găsesc în multe situri cu o vechime de circa 72.000 de ani şi apar acum 164.000 de ani în Pinnacle Point, de pe coasta sudică a Africii de Sud.[32] Dacă silcretul era copt câteva ore înainte de a fi cioplit, acesta ar fi semnul unui nivel înalt de cogniţie şi inventivitate.

Uneltele de piatră tot mai rafinate caracterizează paleoliticul de mijloc şi perioada de trecere spre paleoliticul superior. Printre ele se numără aşchii de cremene lungi şi bifaţetate, despre care se presupune că erau ca nişte cuţite, şi aşchii triunghiulare subţiri de diferite

dimensiuni, care probabil foloseau drept vârfuri de săgeţi sau suliţe, unelte compuse folosite pentru uciderea de la distanţă. În mai multe situri din paleoliticul superior din Europa s-au găsit unelte precum harpoane cu ţepi şi sule cu vârful ascuţit, împreună cu ace făcute din fildeş de mamut sau cerb, care sugerează folosirea pieilor de animale prinse laolaltă cu bucăţi de intestine şi folosite drept îmbrăcăminte sau corturi. În Europa, paleoliticul superior se termină în urmă cu aproximativ 10.000 de ani, odată cu începutul mezoliticului, caracterizat prin unelte compuse mici cunoscute sub numele de microlite, anterioare uneltelor caracteristice societăţilor care lucrează pământul şi prelucrează metalele.

În Africa subsahariană perioada aproximativ echivalentă paleoliticului superior şi mezoliticului este denumită epoca târzie a pietrei, a cărei durată variază considerabil de la o regiune la alta. Confecţionarea de unelte caracteristice acestei epoci persistă la comunităţile actuale de vânători-culegători din anumite zone ale Africii, ca şi în unele păduri ecuatoriale din America de Sud.

Folosirea controlată a focului

Este deosebit de dificil de stabilit când a fost folosit pentru prima dată focul controlat, estimările variind între 2 şi 1,7 milioane de ani. Dovezi ale creativităţii şi inventării de metode pentru a produce şi folosi focul pentru încălzire, prepararea hranei şi alungarea prădătorilor s-au găsit în Africa de Sud sub forma unor oase arse cu o vârstă de la 200.000 până la 700.000 de ani.[33]

Simboluri şi ornamente

Pg.520

Cea mai veche dovadă a folosirii simbolurilor şi a capacităţii de exprimare artistică s-a găsit în Africa. La diferite niveluri ale peşterii Blombos, de pe coasta sudică a oraşului Cape Town din Africa de Sud, datată la cel puţin 100.000-75.000 de ani, s-au găsit nu numai forme noi de vârfuri de piatră îngrijit modelate şi unelte de os, dar şi bucăţi de ocru gravate cu modele abstracte şi scoici perforate, dintre care unele erau colorate cu ocru.[34]

Acestea din urmă, folosite probabil ca podoabe de tipul colierelor, s-au găsit şi în siturile Qafzeh şi Skhul din Israel, Oued Djebbana din Algeria şi Taforalt din Maroc. Datarea este problematică, dar s-a estimat că cele din Maroc datează de acum 85.000-80.000 de ani, în timp ce stratul din Skhul, Israel, ar avea o vechime cuprinsă între 135.000 şi 100.000 de ani.[35]

Astfel de obiecte simbolice demonstrează capacitatea de gândire, imaginaţie, creativitate şi abstractizare.

Schimburi comerciale?

Trei dintre siturile din Maroc cu scoici perforate se găsesc la 40-60 de kilometri în interiorul regiunii, în timp ce situl algerian se află la 190 de kilometri depărtare de mare. Francesco d'Errico şi colegii săi au tras concluzia că aceste ornamente erau făcute şi tranzacţionate de triburile care trăiau pe coasta Mediteranei.[36] Localizarea scoicilor perforate poate fi explicată şi prin migrarea triburilor de pe coastă spre zone mai adăpostite sau care asigurau un acces mai uşor la hrană, iar aceste triburi îşi luau ornamentele cu ele. Dacă este vorba de o tranzacţionare de bunuri, atunci acest lucru ar dovedi previziune, creativitate şi voinţă; ar demonstra de asemenea cooperare, diferită de colectivizare, şi ar presupune existenţa unui limbaj, oricât de rudimentar.

Traversarea mării

Se pare că oamenii au ajuns în Australia prin defileul Deaf Adder din Northern Territory, în urmă cu 60.000 până la 53.000 de ani.[37] În nici una dintre perioadele glaciare nivelul oceanelor nu a scăzut atât de mult încât să dezvelească poduri de uscat între Asia şi Australia, şi s-a estimat că această mi- graţie implica traversarea a cel puţin 100 de kilometri în ape deschise.[38] O astfel de performanţă necesită un nivel înalt de înţelegere, previziune şi voinţă de a planifica şi a naviga pe mare, împreună cu niveluri corespunzătoare de creativitate şi inventivitate pentru a concepe şi a construi o plută sau o barcă adecvată. E mai mult ca sigur că succesul întregii operaţiuni depindea de cooperare, fapt susţinut de ceea ce cunoaştem despre organizarea socială a triburilor de aborigeni descendenţi ai acestora, iar cooperarea necesita cel mai probabil folosirea limbajului.

Ritualurile de înmormântare şi incinerare

În opinia lui Chris Stringer, de la Muzeul de Istorie Naturală al Marii Britanii, cel mai vechi mormânt simbolic cunoscut datează de acum 115.000 de ani. Este situat în peştera Skhul din Israel şi adăposteşte un om modern timpuriu ţinând în mâini o mandibulă mare de vier sălbatic.[39]

James Bowler, de la Universitatea din Melbourne, şi colegii săi susţin că noile tehnici de datare situează cele mai vechi înmormântări ritualice în care s-a folosit ocru şi primele incinerări acum 40.000 ± 2.000 de ani la Lake Mungo, în regiunea de vest din New South Wales.[40]

Astfel de ritualuri sugerează un nivel înalt de înţelegere, imaginaţie şi, foarte probabil, credinţă.

Picturi, figurine şi fluiere

În 1994, Jean-Marie Chauvet şi doi colegi de-ai lui au descoperit o serie de imagini spectaculoase pe pereţii unei peşteri dintr-un masiv ce străjuieşte râul Ardeche din sudul Franţei. Printre acestea se numără patru capete de cai, desenaţi cu umbre şi perspectivă, împreună cu reprezentări sofisticate a doi rinoceri cu coarnele încleştate, lei vânând o turmă de bizoni, urşi de peşteră şi alte animale. Cele mai multe erau desenate cu o bucată de cărbune sau pictate cu pigment roşu cu ajutorul unei pensule sau cu degetul.

Nu au fost identificate rămăşiţe umane, dar s-au găsit oase de la mai mult de 190 de urşi de peşteră, inclusiv un craniu aşezat pe o piatră mare şi plată. Aceste descoperiri au sugerat că peştera ar fi fost un loc de ceremonial mai curând decât o locuinţă, folosit probabil pentru invocarea spiritelor animalelor puternice, pentru succesul la vânătoare.

Au fost făcute peste 80 de datări cu carbon ale urmelor de torţe şi picturilor de pe pereţi, precum şi ale oaselor de animale şi bucăţilor de cărbune împrăştiate pe solul peşterii, obţinându-se o cronologie detaliată a ceea ce astăzi se numeşte peştera Chauvet. Datele arată că picturile au fost făcute în două perioade separate, una acum 35.000 de ani şi cealaltă acum 30.000 de ani, fiind astfel cele mai vechi picturi rupestre.[41]

Unii paleoantropologi au contestat aceste datări, mai ales din cauza caracterului foarte sofisticat al picturilor, şi au sugerat că probele au fost contaminate sau bucăţile de cărbune proveneau dintr-o perioadă mai târzie, dar tehnicile de datare au fost ferm apărate.[42] S-ar putea ca aceste picturi să nu fie cele mai vechi. O echipă italiană care a făcut cercetări în peştera Fumane, de lângă Verona, a stabilit că mai multe fragmente de piatră gravate cu imaginea unui animal şi unul înfăţişând o creatură jumătate umană, jumătate animală au o vechime cuprinsă între 32.000 şi 36.500 de ani, deşi aceste fragmente nu făceau parte din peretele peşterii.[43]

În Franţa şi în Spania au fost descoperite aproape 350 de peşteri care conţin artă preistorică. Cele mai faimoase se găsesc în Lascaux, într-o peşteră situată pe creasta unui deal din regiunea Dordogne, din sudul Franţei. Acest mare complex conţine în jur de 600 de imagini pe tavan şi pereţi, făcute cu cărbune şi o serie de pigmenţi minerali, iar unele au fost săpate în stâncă. Înălţimea multora dintre ele sugerează că, probabil, a fost ridicată o schelă pentru pictori, ceea ce implică atât cooperare, cât şi, foarte probabil, limbaj.

La fel ca picturile din alte peşteri din vestul Europei, picturile din Lascaux înfăţişează animale sălbatice de mari dimensiuni, precum bizoni, cai, bouri şi cerbi; unul dintre animale a fost numit unicorn,

dar s-ar putea să fie tot un cal cu o suliţă înfiptă în cap. Pereţii peşterii sunt de asemenea ornaţi cu amprente de mâini de om şi cu modele abstracte din dâre făcute cu degetul. Datările recente cu carbon identifică diverse vârste ale imaginilor, cea mai veche fiind estimată la 18.900-18.600 de ani.[44]

Figurile umane sunt rare în pictura rupestră şi, acolo unde apar, par să fie jumătate om-jumătate animal, ceea ce dovedeşte şi prezenţa imaginaţiei, nu numai a reprezentării; e posibil să fie vorba de oameni care poartă podoabe de cap provenite de la lei sau vulturi sau alţi prădători puternici. În orice caz, ele constituie o dovadă a credinţei, probabil în spirite animale, a căror intervenţie era invocată de şamani.

Dovezile pentru astfel de credinţe şi pentru imaginaţie sunt întărite de descoperirea unor fragmente de colţi de mamut în fundul peşterii Stadel din masivul Hohlenstein, în sud-vestul Germaniei. Prin asamblarea acestor fragmente, recent datate cu carbon la aproximativ 40.000 de ani, a rezultat un om spectaculos de detaliat, cu o înălţime de 30 cm şi cap de leu de peşteră. Un om cu cap de leu, de dimensiuni mult mai mici (2,5 cm înălţime), tot din fildeş de mamut, a fost găsit în peştera Hohle Fels, la 40 km sud-est de Hohlenstein-Stadel.

În aceeaşi regiune din Germania s-au găsit mai multe figurine cu o vechime de 30.000-35.000 de ani în straturi arheologice bogate în unelte de piatră. Printre ele se numără o figurină din fildeş de mamut reprezentând o femeie fără cap şi fără picioare, cu sâni, coapse şi vulvă exagerat de mari. Cioplitorul a omis deliberat capul şi l-a înlocuit cu un mic inel de fildeş de care probabil că era suspendată figurina. Astfel de figurine, mai mici de 10 cm, s-au găsit şi în alte locuri din Europa. Unele reprezintă animale, multe altele reprezintă femei în toate stadiile vieţii fertile: nubile, gravide sau născând. Chiar dacă unele dintre aceste femei poartă coliere sau brâuri, aproape toate sunt nude, cu toate că în epoca de gheaţă oamenii purtau îmbrăcăminte din piei de animale. Multe dintre aceste femei au sâni şi coapse mari, într-o vreme în care o asemenea morfologie era probabil rară (rămăşiţele scheletice sugerează că oamenii erau slabi, având în vedere că parcurgeau distanţe mari, cărau greutăţi şi sufereau adesea de malnutriţie). Detaliile se concentrează în mai mare măsură pe trupul gol decât pe mâini, picioare sau faţă, care deseori lipsesc, ceea ce sugerează că ar fi vorba de simboluri ale fertilităţii. Multe au câte o perforaţie şi au fost folosite ca talismane purtate la gât. În societăţile de vânători-culegători de astăzi, bărbaţii nu iau parte în nici un fel la momentul naşterii şi deci este posibil ca multe dintre aceste figurine să fi fost sculptate chiar de femei.[45]

În trei dintre siturile din Germania datând aproximativ din aceeaşi perioadă s-au găsit şi cele mai vechi instrumente muzicale cunoscute.

Patru fluiere făcute din oase din aripi de lebădă sau de vultur, cu găuri săpate la intervale regulate de-a lungul lor; cel mai complet a fost găsit la 70 de centimetri de figurina reprezentând femeia fără cap şi fără picioare.

Un fluier făcut din colţ de mamut, reconstituit din 31 de fragmente găsite în peştera Geifienklosterlen, de lângă Ulm, dovedeşte şi mai multă inventivitate, imaginaţie, creativitate şi judecată. În loc să folosească un os de pasăre, gol pe dinăuntru, cel care l-a confecţionat a trebuit să desfacă în două jumătăţi colţul curbat de mamut, fără a-l strica, să scobească fiecare jumătate, să facă trei găuri de-a lungul lor şi apoi să le reunească fără să rămână deschizături prin care să treacă aerul.[46]

Mulţi arheologi consideră încă astfel de dovezi de artă reprezentaţională, imaginativă şi simbolică din paleoliticul superior, constând în podoabe, sculpturi, picturi, unelte decorate şi instrumente muzicale drept un fenomen propriu Europei occidentale. Aşa cum scria în 2008 Colin Renfrew, de la Institutul McDonald pentru Cercetări Arheologice al Universităţii Cambridge:

> Este important să ne amintim că ceea ce se numeşte adesea artă rupestră - peşterile pictate, figurinele „Venus“ frumos sculptate - au fost restrânse în paleolitic (adică în perioada climatică a pleistocenului) la o singură direcţie de dezvoltare, localizată în Europa de Vest.[47]

Însă nu este nici pe departe aşa. După cum am spus mai înainte, la diverse niveluri ale peşterii Blombos din Africa de Sud, datând de cel puţin 100.000 - 75.000 de ani, s-au găsit bucăţi de ocru pictate cu simboluri. Picturi de o complexitate comparabilă cu a exemplelor vest-europene s-au găsit şi pe şapte lespezi de piatră aduse în peştera Apollo 11 din munţii Huns, în sud- vestul Namibiei, datate la 25.500-23.500 de ani. Pictura pe pereţii de stâncă, cu materiale asemănătoare, este întâlnită până în ziua de azi în anumite zone tribale, doar că expunerea directă la condiţiile climatice le face mai puţin durabile.[48] Picturi pe stâncă au fost găsite în Australia. De exemplu, o pictură în ocru roşu descoperită în 2010 în centrul platoului Arnhem Land înfăţişează două păsări asemănătoare păsărilor Emu, cu gâtul întins; s-a spus că ar face parte din genul *Genyornis,* păsări gigantice care ar fi dispărut cu mai mult de 40.000 de ani în urmă.[49] Patru grupuri de adăposturi de piatră din extremitatea sudică a platoului central al Indiei conţin picturi asemănătoare cu multe dintre picturile europene. Nu s-a făcut o datare cu cele mai recente tehnici, dar se crede că sunt vechi de aproximativ 12.000 de ani; membrii triburilor locale încă mai pictează pe pereţii stâncoşi.[50]

Aceste descoperiri lasă impresia că numărul mult mai mare de

produse artistice preistorice din Europa de Vest se poate datora mai curând efortului depus în descoperirea şi analiza lor şi condiţiilor mai favorabile de conservare decât faptului că ar fi un fenomen unic pentru omul arhaic din Europa. Sunt necesare tehnici de datare mai riguroasă pentru a determina dacă aceste creaţii artistice din Africa, Asia şi Australia sunt mai vechi, contemporane sau mai noi, comparativ cu cele europene.

Limbajul

Membrii multor specii cu un nivel înalt de conştiinţă folosesc sunete şi gesturi pentru a avertiza, a ameninţa, a comunica teama, plăcerea şi alte emoţii atât altor membri ai propriului grup, cât şi altor specii. Totuşi, conştiinţa reflexivă este cea care transformă comunicarea în limbaj, pe care îl definesc astfel:

> **limbaj** Comunicarea unor trăiri, naraţiuni, explicaţii sau idei printr-o structură complexă, învăţată, de simboluri orale sau scrise sau sub formă de semne care transmite un înţeles în cultura în care este folosită.

Capacitatea unică a limbajului de a transmite experienţe şi idei nu numai altor membri în viaţă ai speciei umane, dar şi generaţiilor succesive, care astfel beneficiază de înţelepciunea acumulată, a dus la o înflorire rapidă a conştiinţei reflexive.

E greu de stabilit când anume a apărut limbajul. Unii cercetători susţin că aria lui Broca din creier reprezintă dovada vorbirii, bazându-se pe faptul că, dacă această arie este lezată, persoana respectivă pierde abilitatea de a vorbi. Prezenţa ariei lui Broca poate fi identificată prin relieful interior al cutiei craniene. Totuşi, unii cimpanzei au o arie a lui Broca proeminentă, deşi nici unul nu este capabil să pronunţe nici cea mai simplă propoziţie, cu toate că s-au făcut multe eforturi pentru a-i învăţa limbajul uman.

Alţii consideră că gena FOXP2 indică o capacitate de vorbire, deoarece unele mutaţii ale acestei gene reglatoare sunt asociate cu dificultăţi de articulare însoţite de tulburări lingvistice şi gramaticale. Proteina FOXP2 a neanderthalienilor este identică cu cea a omului, cea a cimpanzeilor diferă prin numai doi aminoacizi, iar a şoarecilor, prin trei aminoacizi. Svante Paabo şi colegii săi de la Institutul Max Planck de Antropologie Evoluţionistă speculează că versiunea umană care conferă vorbirea articulată s-a selectat după separarea om-cimpanzeu.[51] Totuşi, gena FOXP2 reglează un mare număr de gene şi este implicată în dezvoltarea ţesutului neuronal, dar şi a ţesutului pulmonar şi intestinal.[52] Personal, nu cred că varianta umană a genei FOXP2 este o dovadă elocventă a vorbirii.

Singura dovadă certă a limbajului este dată de înscrisuri, dar cum

am putea să detectăm folosirea limbajului în preistorie? Eu cred că poate fi detectată pornind de la acele lucruri pe baza cărora a evoluat scrisul.

Cei mai mulţi cercetători în domeniul lingvisticii consideră că formele cele mai vechi de scriere au fost scrierea cuneiformă, gravată pe tăbliţe de lut acum aproximativ 5.000 de ani în Sumer, Mesopotamia, şi scrierea hieroglifică egipteană, gravată în piatră şi datând cam din aceeaşi perioadă. Acestea au evoluat din protoscriere - distincţia este neclară -, alcătuită din simboluri abstracte prin care erau înregistrate cantităţile de bunuri, cum ar fi grânele, tranzacţionate sau date ca tribut sau taxă. Acestea, la rândul lor, s-au dezvoltat din simboluri pictoriale a căror origine se află probabil în imaginile şi simbolurile pictate, ca şi în simbolurile săpate în ocru, aşa cum am spus înainte.

Multe scrieri timpurii relatează despre faptele conducătorilor şi ale strămoşilor lor sau despre zei sau spirite, care probabil fuseseră transmise oral de un bătrân sau un povestitor din vremuri străvechi. Pare de asemenea rezonabil să presupunem că simbolurile pictate sau gravate, deşi simple, coexistau cu vorbirea, iar apoi s-au dezvoltat, devenind mai sofisticate. Am sugerat de asemenea că anumite realizări, precum migrarea unui grup de oameni la 100 de kilometri depărtare peste ocean sau schimbul de bunuri, necesită existenţa limbajului.

Deşi orice dovadă a existenţei limbajului în timpuri preistorice este inevitabil indirectă, totul sugerează că limbajul oral a apărut în paleoliticul superior.

CUM S-A ÎNCHEIAT APARIŢIA OMULUI

O combinaţie de dovezi disponibile arată că apariţia omului s-a încheiat la sfârşitul paleoliticului superior (epoca târzie a pietrei în Africa) şi cel mai probabil şi mai înainte. Primele licăriri de conştiinţă reflexivă apar ca manifestări diverse ale unor facultăţi secundare noi sau radical transformate, în locuri şi perioade diferite, asemenea bulelor de abur ce apar în momente diferite într-o parte sau alta a unui vas cu apă care fierbe. La suprafaţă unele bule se pot condensa transformându-se înapoi în lichid. Dar deasupra acestei suprafeţe de tranziţie, deşi moleculele de apă pot avea aceeaşi temperatură de 100° Celsius ca şi cele care formează lichidul de dedesubt, ele sunt neîndoielnic gaz: a apărut o schimbare de fază. Tot aşa, conştiinţa a intrat într-o nouă fază, reflexivă, care indică prezenţa lui Homo sapiens.

Pg.526

Numărul scăzut de dovezi şi problemele de interpretare au dat naştere multor ipoteze care încearcă să explice acest fenomen. Ele pot fi grupate în şase categorii, unele complementare, altele contradictorii. Toate atestă că a existat un val de migraţie a lui Homo erectus din Africa spre Orientul Mijlociu, Asia şi Europa în urmă cu aproximativ 1,7 milioane de ani.

Modelul multiregional

Susţinut de Milford Wolpoff şi de alţii, modelul multiregional afirmă că grupuri de Homo erectus au ajuns în China, Indonezia şi probabil şi în Europa acum un milion de ani. Ei s-au adaptat la condiţiile de mediu din diversele regiuni şi au evoluat în oameni moderni ale căror diferenţe rasiale reflectă aceste medii diferite. Unitatea oamenilor ca specie a fost menţinută prin încrucişări între membrii diferitelor grupuri regionale.

Înlocuirea sau modelul originii africane recente

Chris Stringer şi alţii au susţinut iniţial că membrii răspândiţi ai speciei *Homo erectus* au dispărut sau au evoluat în specii succesoare, precum *Homo neanderthalensis* în partea de vest a Eurasiei; totuşi, numai în Africa, probabil într-o zonă restrânsă, favorabilă, cum ar fi estul Africii, au evoluat în Homo sapiens, în urmă cu aproximativ 130.000 de ani.

Unele grupuri de *Homo sapiens* au migrat în Israel şi în Orientul Mijlociu în urmă cu aproximativ 100.000 de ani, iar unii au ajuns în Australia în urmă cu 60.000 de ani. Dezvoltarea rapidă a unor unelte mai performante în epoca târzie a pietrei şi comportamentele complexe ale lui *Homo sapiens* din Africa, de acum 50.000 de ani, le-au permis unora dintre aceştia să migreze în Europa, unde au ajuns în urmă cu 35.000 de ani (deşi, aparent, *Homo erectus* sau urmaşii lui ajunseseră în Asia şi Europa în urmă cu un milion de ani, fără unelte avansate şi comportament complex).

Homo sapiens, mai avansat din punct de vedere cognitiv, a înlocuit speciile indigene de Homo care au dispărut. Trăsăturile rasiale s-au dezvoltat prin adaptare la mediu numai după această migraţie relativ recentă din Africa.

Susţinătorii modelului afirmă că se sprijină pe analiza ADN-ului mitocondrial din 1987 („Eva mitocondrială“), dar această analiză a fost ulterior criticată (vezi pagina 436).

Modelul asimilării

Acest model de compromis, propus de Fred Smith şi Erik Trinkaus, acceptă ideile modelului originii africane recente în ceea ce priveşte

originea lui Homo sapiens, dar susţine că mai plauzibilă decât înlocuirea speciilor de Homo indigene de către oamenii moderni emigraţi în diferite regiuni este ipoteza că încrucişările şi selecţia naturală locală au condus la asimilarea speciilor indigene, fapt care ar explica trăsăturile rasiale ale oamenilor moderni.

Pg.527

Originile africane recente şi modelul hibridizării

Stringer şi colegii săi şi-au modificat modelul iniţial în urma analizelor genomice menţionate mai devreme, care au indicat că au avut loc încrucişări limitate între *Homo sapiens* şi *Homo neanderthalensis*. Genomul de Neanderthal este mai asemănător cu cel al oamenilor care trăiesc azi în Asia şi în vestul Europei decât cu al celor din Africa, ceea ce sugerează că încrucişarea a avut loc în Orientul Mijlociu, după ce oamenii au părăsit Africa, dar înainte de expansiunea lor în Europa şi Asia.

Cuvinte precum încrucişare şi asimilare pot da impresia de armonie, ca în cazul căsătoriilor interrasiale de astăzi, dar violul a fost multă vreme o armă de război. Este menţionat de numeroase ori în Biblie, de exemplu la Zaharia 14:

> Voi aduna toate neamurile pentru război împotriva Ierusalimului, şi cetatea va fi luată, casele vor fi jefuite şi femeile necinstite.

Reapare constant în istorie până în prezent. Un raport al Naţiunilor Unite a documentat violurile sistematice ale femeilor tutsi de către bărbaţii hutu în timpul genocidului din Rwanda anului 1994 şi au estimat că au avut drept rezultat între 2000 şi 5000 de sarcini.

Modelul revoluţiei umane

Descoperirea unor picturi rupestre spectaculos de sofisticate în peşteri din Franţa şi Spania, contrastând cu dezvoltarea timp de două milioane şi jumătate de ani a unor unelte simple - pietre cioplite pe o faţă sau pietre bifaţetate - l-a determinat pe Richard Klein, de la Universitatea Stanford, să avanseze ipoteza că oamenii moderni au apărut subit acum 35.000 de ani, cel mai probabil din cauza unei mutaţii genetice în creier, care a transformat procesarea neuronală în aşa fel încât să ducă la trezirea conştiinţei.

Descoperirile ulterioare ale unor producţii artistice similare pe alte continente au modificat locul şi momentul apariţiei acestei ipotetice mutaţii. Locul era Africa, iar momentul, anterior emigrării lui *Homo sapiens*. Potrivit lui Klein, acest eveniment s-a petrecut în urmă cu 50.000 până la 40.000 de ani, în timp ce Paul Mellars, de la Cambridge, îl plasează acum 80.000-60.000 de ani. A fost un eveniment care l-a dotat pe Homo sapiens cu puterea intelectuală

pentru a migra cu succes din Africa (deşi, aşa cum am mai spus, se pare că membri ai speciei *Homo erectus*, mai slab dotată intelectual, părăsiseră Africa în urmă cu 1,7 milioane de ani) şi pentru a înlocui speciile inferioare cognitiv de Homo de pe glob, ceea ce susţine modelul înlocuirii.

Pg.528

Modelul gradualist

Sally McBrearty, de la Universitatea din Connecticut, şi Alison Brooks, de la Universitatea George Washington, resping hotărât modelul revoluţiei umane, catalogându-l drept eurocentric. Ele subliniază că dovezile pentru rafinarea uneltelor de piatră şi pentru uneltele compuse, vânătoarea specializată, folosirea resurselor acvatice, ornamentele, gravurile şi folosirea pigmenţilor în artă şi decoraţie nu au apărut toate în acelaşi loc şi în acelaşi timp, ci în diverse locuri de pe continentul african şi în diferite perioade, începând de acum 250.000 de ani. Aceasta demonstrează, spun ele, că abilităţile cognitive s-au dezvoltat gradual.

IPOTEZE PRIVIND CAUZELE APARIŢIEI OMULUI

Cu excepţia modelului revoluţiei umane, ipotezele de mai sus răspund mai curând la întrebările cum şi când au apărut oamenii decât la întrebarea de ce.

Mutaţia genetică

O mutaţie genetică în stare să producă o dezvoltare atât de radicală a comportamentului, într-un timp atât de scurt, este incompatibilă cu ceea ce cunoaştem despre felul în care funcţionează genele. În timp ce o singură mutaţie poate să se dovedească distructivă şi să inhibe un comportament existent sau chiar să ducă la moarte (deşi chiar şi în acest caz sunt de obicei necesare câteva mutaţii genetice), dezvoltarea unui comportament nou sau semnificativ îmbunătăţit necesită aproape întotdeauna acţiunea în reţea a mai multe gene. Am văzut la pagina 383, de exemplu, că un studiu din 2010 a arătat că inteligenţa umană este controlată mai degrabă de o reţea de mii de gene decât de câteva gene puternice, aşa cum se considera înainte.

Dacă modificarea genetică ar fi fost singura sau principala cauză a revoluţiei relativ bruşte a comportamentului, manifestată prin trezirea relativ bruscă a conştiinţei - până la conştiinţa reflexivă -, atunci acest lucru nu se putea produce printr-o mutaţie genetică, ci printr-o modificare substanţială a genomului, implicând multe gene şi mecanisme reglatoare, precum cea care rezultă în urma hibridizării

sau a duplicării genomului[214].

Modificarea climei în estul Africii

Timp de multe decenii explicaţia ortodoxă a fost aceea că oamenii au apărut în estul Africii deoarece schimbările climatice au dus la transformarea pădurilor în savană la est de valea Riftului African, nou creată de mişcările tectonice. Bipedalismul a fost selectat deoarece prezenta un avantaj adaptativ, permiţându-le oamenilor să se deplaseze mai

eficient decât mersul pe încheieturile degetelor (aşa cum se deplasează cimpanzeii şi gorilele), atunci când aveau de parcurs distanţe mari în căutare de hrană în luncile întinse, şi/sau le permitea să vadă prada şi prădătorii de la o distanţă mai mare, şi/ sau le permitea să alerge mai repede spre pradă sau să fugă de prădător, şi/ sau le expunea mai puţin corpul la căldura soarelui, în absenţa protecţiei din mediul împădurit, şi/sau le elibera mâinile pentru a folosi unelte.

La începutul acestui capitol am subliniat că bipedalismul nu este o trăsătură unică a speciei umane. În plus, contrazicând explicaţia savanei, *Ardipithecus ramidus* trăia într-un mediu mixt cu păduri şi ierburi, şi se presupune că se deplasa biped, în timp ce cimpanzeii au fost observaţi folosind sau chiar confecţionând unelte simple. Mai mult decât atât, antropologii Sally McBrearty şi Nina Jablonski au descoperit în 2005 o fosilă de cimpanzeu în vârstă de 545.000 de ani[215] în Kenia, care contrazice opinia că numai homininii au migrat şi au supravieţuit în savana de la est de valea Riftului African[54] (deşi, în mod logic, s-ar putea ca acel cimpanzeu să nu fi reuşit să supravieţuiască în condiţiile respective).

Modificările climatice la nivel global

Evoluţia homininilor a avut loc în epoca geologică cunoscută sub numele de pleistocen, de la 2,6 milioane la 12.000 de ani în urmă, caracterizată prin mai multe glaciaţii majore alternând cu perioade calde, interglaciaţii, mai scurte, de zece până la douăzeci de mii de ani.

Acest fapt l-a făcut pe Stringer să afirme că în urmă cu 450.000 de ani a avut loc un eveniment climatic esenţial, atunci când *Homo heidelbergensis* (un presupus urmaş al lui *Homo erectus*), care se răspândise în Eurasia, inclusiv în Anglia, a trăit o perioadă de glaciaţie severă, împărţindu-se apoi în trei grupuri principale care au evoluat ulterior separat: cel din Europa a evoluat spre neanderthalieni, cel din Asia, spre denisovani, iar cel din Africa a evoluat către omul modern.

Alţi paleontologi au invocat alternanţa între perioadele glaciare şi

interglaciare pentru a explica evoluţia omului. Conform acestei perspective, perioadele interglaciare repetate au provocat deşertificarea şi seceta în estul Africii, forţându-i pe oameni să migreze. O astfel de perioadă, de acum circa 60.000 de ani, i-a făcut să părăsească Africa şi să meargă spre nord, în timp ce fazele glaciare majore, care au atins vârful în urmă cu 25.000 până la 15.000 de ani, au determinat o scădere a nivelului mării cu aproximativ 120 de metri, creând un pod de uscat pe locul unde în prezent se află strâmtoarea Bering, care le-a permis animalelor, urmate de oameni, să se deplaseze din Eurasia în America de Nord.

Pg.530

Migraţia în sine nu explică totuşi apariţia omului; multe alte specii au migrat.

În plus, schimbările climatice sunt mai complexe decât atât. Am văzut în capitolul 12 că clima este afectată de modificări ale radiaţiei solare precum exploziile solare, de rotaţia Pământului în jurul propriei axe, de recesiunea axei Pământului, de modificările sezoniere datorate oscilaţiei axei Pământului (în timp ce această oscilaţie în sine variază în cicluri de 41.000 ani), de mişcările tectonice care afectează oceanul planetar, de curenţii de aer şi aşa mai departe[216]. Astfel de cauze ale modificărilor climei operează la diverse intervale de timp şi interacţionează producând, de exemplu, perioade de ploi torenţiale care nu sunt întotdeauna predictibile. După studierea sedimentelor din lacuri, paleoclimatologii Martin Trauth şi Mark Maslin au tras concluzia că şi în perioadele presupus secetoase existau lacuri adânci şi mari în valea Riftului African.[55]

Rick Potts, director al Human Origins Program de la Smithsonian şi curator al secţiei de antropologie a Muzeului Naţional de Istorie Naturală, sugerează că nu trecerea de la pădure la savană a provocat apariţia omului, ci fluctuaţia între pădure, savană şi deşert a provocat o creştere a dimensiunilor creierului homininilor şi a cogniţiei, care i-au făcut să-şi dea seama cum se poate trăi în circumstanţe fluctuante.[56]

Nu cunoaştem cât de repede au apărut aceste fluctuaţii. Mai multe probe de gheaţă din Groenlanda au arătat că se pot produce modificări climatice majore în perioade de 20 de ani sau chiar mai puţin. După cum arată Response of Humans to Abrupt Environmental Transitions (un consorţiu ştiinţific multidisciplinar fondat de Natural Environment Research Council din Marea Britanie), studiile care corelează evoluţia omului cu modificările climatice sunt compromise din cauza incapacităţii de a sincroniza datele arheologice şi cele geologice cu suficientă precizie.

Cei mai mulţi dintre factorii care determină schimbările climatice sunt globali, şi nu văd de ce am privilegia Africa de est drept

„leagănul umanităţii". Semne de conştiinţă reflexivă - unelte compuse specializate, ornamente şi simboluri - s-au descoperit şi în sudul Africii. Poate că faptul că cele mai multe fosile de hominini - chiar şi acestea puţine - au fost găsite în Africa de est se datorează mai degrabă eroziunii rapide a înălţimilor, care a umplut valea Riftului cu sedimente asigurând condiţii mai favorabile de fosilizare decât existenţei unui singur habitat care a favorizat apariţia omului.

CONCLUZII

1. Caracteristica ce deosebeşte oamenii de toate celelalte specii este conştiinţa reflexivă.
2. Apariţia sa poate fi reconstituită de la apariţia conştiinţei la primate până în momentul în care conştiinţa a devenit conştientă de sine. Semnele primelor licăriri ale acestei conştiinţe reflexive constau în dovezi incontestabile ale acelor facultăţi posedate de primate pe care le-a transformat radical la oameni, împreună cu noi facultăţi secundare pe care le generează.
3. Dovezile insuficiente fac totuşi imposibilă reconstituirea liniei de filiaţie exacte de la primate la apariţia oamenilor moderni. Dovezile insuficiente fac de asemenea imposibilă alegerea între diferitele ipoteze care pretind că explică unde şi cum au apărut aceste procese. Cât despre când anume, dovezile de care dispunem sunt în mică măsură compatibile atât cu revoluţia umană, cât şi cu modelele gradualiste. Conştiinţa reflexivă nu a apărut brusc, de niciunde. Conştiinţa a apărut treptat la diferiţi hominini de acum circa 2,5 milioane de ani; totuşi, rata sa de schimbare a crescut şi a continuat să crească în ultimii 250.000 de ani, atunci când unele semne de conştiinţă reflexivă au apărut relativ rapid, în diverse locuri, până când toate aceste semne s-au manifestat pe diferite continente în epoca târzie a pietrei şi paleoliticul superior, acum 40.000 până la 10.000 de ani.
4. Aceeaşi lipsă a dovezilor face imposibilă identificarea cauzei sau cauzelor specifice care au dus la apariţia omului. Este posibil ca principala cauză să fi fost un instinct de supravieţuire în faţa prădătorilor şi necesitatea de a găsi hrană într-un mediu instabil indus de fluctuaţiile de climă, care l-au făcut să-şi dea seama că aceste nevoi erau mai bine satisfăcute prin cooperare decât prin competiţie. S-ar putea ca hibridizarea sau reduplicarea genomului să fi jucat un rol în această schimbare evolutivă.
5. În ansamblu, pare să fie vorba de un caz de emergenţă a sistemelor[217] în care interacţiunea facultăţilor la un nivel mai scăzut de complexitate - precum înţelegerea, inventivitatea,

învăţarea şi comunicarea - generează o nouă facultate, la un nivel mai crescut de complexitate - în acest caz conştiinţa reflexivă - şi că facultăţile de nivel mai ridicat interacţionează cu facultăţi de nivel mai scăzut transformându-le şi generând unele noi - precum imaginaţia, limbajul, abstractizarea şi credinţa.

Pg.532

6. Ca şi în cazul apariţiei materiei şi apariţiei vieţii, din cauza numărului mic de dovezi, este aproape sigur că ştiinţa nu va fi niciodată capabilă să identifice când, cum şi de ce au apărut oamenii. Dar asta nu înseamnă a nega apariţia lor. Ca să extind o analogie făcută în partea a doua, conştiinta reflexivă este ca o floare crescută din sămânţa conştiinţei. În unele medii creşte şi produce muguri care se ofilesc. Într-un alt mediu mugurii înfloresc. Un mugure nu este o floare, dar este imposibil să spui în ce moment anume mugurele se transformă în floare.

CAPITOLUL 27
Evoluţia omului 1: gândirea primitivă

În afara şi deasupra biosferei există noosfera [...]; odată cu homi- nizarea, în ciuda caracterului nesemnificativ al saltului anatomic, avem începutul unei noi ere.

Pierre Teilhard de Chardin, 1955

Mai întâi, voi analiza felul în care au evoluat oamenii, voi arăta că acest proces poate fi împărţit în trei etape şi voi examina mai în detaliu prima dintre cele trei etape.

CUM A EVOLUAT OMUL

Fizic

Dovezile fosile sugerează că, în afara unei reduceri gradate şi de mică amploare a dimensiunii medii a craniului şi scheletului, omul a încetat să mai evolueze morfologic de cel puţin 10.000 de ani, când a populat fiecare continent al globului.

Specialiştii în antropologie fizică împărţeau de obicei specia umană în trei mari variaţii sau rase derivate din adaptarea climatică: caucazoid, mongoloid şi negroid. Clasificarea diferitelor populaţii în aceste grupe rasiale a fost contestată, neexistând un acord în privinţa definirii caracteristicilor rasiale separatoare şi a cauzelor lor; în acelaşi timp, încrucişările rezultate în urma invaziilor şi migraţiilor au estompat diferenţele dintre populaţii. Reproducerea între grupurile

rasiale diferite a sporit semnificativ în ultimii cincizeci de ani, din motive ce vor fi discutate în secţiunea următoare, accelerând tendinţa către o reducere a diferenţierii fizice în cadrul speciei umane.

Deşi au loc unele modificări fizice reversibile - în principal reducerea dimensiunilor, ca urmare a malnutriţiei, în ţări afectate de foamete, sau obezitatea, cauzată de supraalimentare şi de lipsa exerciţiului fizic, în unele ţări bogate -, în ansamblu oamenii nu mai evoluează din punct de vedere fizic.

Genetic

Pg.534

Într-un studiu publicat în 2007, antropologul John Hawks, de la Universitatea din Wisconsin, Madison, şi colegii săi afirmă că selecţia naturală a varianţilor genetici avantajoşi din punct de vedere adaptativ a produs o evoluţie genetică extraordinar de rapidă a speciei umane.[1] Modelarea datelor realizată de aceştia arată că varianţii genetici sau mutaţiile au crescut în ultimii 40.000 de ani. Fiind neodarwinişti, ei atribuie această creştere răspândirii varianţilor, care facilitează adaptarea cu succes a populaţiilor la diferite medii. Astfel sunt varianţii care codifică producţia de pigment negru în piele, melanina, în zone din preajma ecuatorului, deoarece melanina protejează împotriva radiaţiilor ultraviolete ale luminii solare puternice, dăunătoare.

Totuşi, modelarea lor arată şi că varianţii genetici au atins un vârf acum 8000-5000 de ani, atunci când populaţiile umane au cunoscut o expansiune puternică, în prezent scăzând la zero. Hawks şi colegii săi au atribuit această scădere incapacităţii de a detecta varianţii adaptativi care „ar trebui să existe [...] şi să apară cu o rată din ce în ce mai crescută [sublinierea mea].“

Chiar ţinând cont de criteriile neodarwiniste, există motive întemeiate pentru a contesta această extrapolare a unei tendinţe din trecut la timpul prezent, nesusţinută de date, precum şi concluzia lor că specia umană ar trece printr-o schimbare genetică rapidă.

Un motiv este acela că variaţia genetică în cadrul speciei umane, estimată astăzi la 0,1-0,15%, este scăzută comparativ cu cea a multor alte specii, de la musculiţa de oţet până la cimpanzei.[2]

O altă cauză, potrivit geneticianului Steve Jones, de la UCL, este faptul că selecţia naturală necesită (a) variaţii în gene generate aleatoriu de mutaţii şi (b) oameni care să supravieţuiască suficient de mult timp pentru a se reproduce şi a transmite variaţiile genetice care au contribuit la supravieţuirea lor. El susţine că în Londra anilor 1850 numai aproximativ jumătate dintre nou-născuţi treceau de vârsta pubertăţii, în timp ce acum supravieţuiesc 99% dintre ei. Astfel, oamenii cu seturi de gene avantajoase nu mai trăiesc mai mult decât

cei cu gene mai puţin avantajoase. Aşadar, susţine Jones, natura şi-a pierdut puterea de a selecta, iar evoluţia omului s-a oprit, cel puţin în ţările dezvoltate.[3] Mai precis spus, asta înseamnă că nu există nici o modificare în fondul genetic al populaţiei din Londra (şi, prin extensie, în fondurile genetice din restul lumii dezvoltate) care să apară din acumularea diferenţială de gene avantajoase înregistrate de selecţia naturală.

Principalele cauze ale mortalităţii infantile în Londra secolului al XlX-lea erau malnutriţia şi bolile. Îndepărtarea lor s-a datorat abilităţilor transformate sau generate de conştiinţa reflexivă. Înţelegerea, creativitatea, inventivitatea şi comunicarea au generat metode mai eficiente de producere şi distribuire a hranei; de asemenea, toate acestea au dus la intervenţii medicale cu scopul prevenirii şi vindecării bolilor care le fuseseră fatale celor lipsiţi de o imunitate genetică naturală.

În plus, aceste facultăţi, combinate cu intenţionalitatea, împiedică variaţiile genetice să se răspândească atunci când oamenii, spre deosebire de toate celelalte specii, întreţin relaţii sexuale, dar aleg să folosească metode de control al naşterilor, astfel încât genele lor nu se transmit mai departe.

Pg.535

Mai mult decât atât, spre deosebire de alte specii, diferitele populaţii umane nu au devenit izolate genetic în diverse habitate. În ultimii circa 50 de ani s-a înregistrat o creştere a expansiunii şi amestecului de fonduri genetice ale populaţiilor umane, în special din cauza a doi factori. În primul rând, judecata şi educaţia duc la slăbirea barierelor sociale în privinţa alegerii unor parteneri din rase şi clase sociale diferite. Multe dintre aceste bariere erau întărite de legislaţie, precum legile segregaţiei din statele din sudul Americii, în vigoare până în anii ’60, şi legile apartheidului, funcţionale în Africa de Sud până în anii ’90. Acest proces de înlăturare a barierelor nu este nicidecum complet; sistemul de caste, care a funcţionat timp de cel puţin 4000 de ani, are încă o influenţă importantă în separarea claselor în India rurală şi în Pakistan, în timp ce israelienii se izolează de celelalte rase semitice prin politicile lor guvernamentale. Totuşi, tendinţa generală este aceea de integrare mai largă a grupurilor separate înainte pe criterii rasiale sau sociale.

În al doilea rând, înainte exista tradiţia să te căsătoreşti doar în cadrul familiei extinse, apoi al satului şi apoi al oraşului tău. Acest lucru era valabil chiar şi în cazul naţiunilor celor mai dezvoltate industrial, până la inventarea în anii ’50 a sistemelor ieftine de transport, precum liniile aeriene comerciale. În consecinţă, în paralel cu globalizarea comerţului, industriei şi educaţiei superioare, oamenii migrează din ce în ce mai mult, temporar sau permanent, întâlnind

persoane din regiuni sau ţări diferite şi uneori căsătorindu-se cu ele.

Rezultatul general al acestor doi factori este, în termeni neodarwinişti, o tendinţă către amestecul şi expansiunea fondurilor genetice, Homo sapiens rămânând astfel singura specie capabilă de încrucişare extinsă. Cu toate că sunt inevitabile unele modificări genetice minore apărute în urma mutaţiilor (chiar şi cele neutre sau dăunătoare), în cadrul unor populaţii umane izolate geografic sau social nu pot apărea modificări genetice ireversibile, care să producă noi specii.

Dar dacă oamenii nu mai evoluează genetic de acum aproximativ 5.000 de ani, asta nu înseamnă că nu evoluează în alte moduri.

Noetic

Rata modificării comportamentelor umane, în special al celui social şi inovativ, de când conştiinţa reflexivă a marcat încheierea apariţiei oamenilor în paleoliticul superior, acum 40.000 până la 10.000 de ani (de aici înainte ne vom referi la perioada aproximativă de 25.000 de ani), ne spune cum au evoluat şi evoluează încă oamenii. Ceea ce observăm nu este o evoluţie fizică sau genetică, ci una noetică: evoluţia conştiinţei reflexive.

Pg.536

Până acum, această evoluţie poate fi împărţită în trei etape care se întrepătrund: gândirea primitivă, gândirea filozofică şi gândirea ştiinţifică.

EVOLUŢIA GÂNDIRII PRIMITIVE

Definesc acest concept în felul următor:

gândire primitivă Prima fază a conştiinţei reflexive, atunci când reflecţia despre sine şi despre relaţiile cu restul universului este centrată în principal pe supravieţuire şi superstiţie.

Această etapă a fost singurul tip de conştiinţă reflexivă pe parcursul a aproximativ 90% din existenţa omului modern. A avut şase consecinţe profunde pentru evoluţia omenirii:

1. Tranziţia de la adaptarea omului la mediu la adaptarea mediului la nevoile omului.
2. Tranziţia de la existenţa nomadă de vânători-culegători la comunităţile sedentarizate.
3. Inventarea şi diseminarea tehnologiilor care au dus la trecerea de la satele agrare la oraşe-state şi apoi la imperii, fiecare având o ierarhie socială bazată pe funcţii specializate.
4. Inventarea şi dezvoltarea scrisului.
5. Fondarea astronomiei şi matematicii.
6. Dezvoltarea sistemelor de credinţe şi a religiilor.

Dovezile sunt, în mare, de trei categorii: rămăşitele provenite de la

primii oameni şi artefactele lor; grupurile de vânători-culegători din prezent, grupurile pastorale şi agricultura de subzistenţă; consemnările în scris ale povestirilor orale preistorice şi ale evenimentelor şi credinţelor contemporane.

Reţinerile cu privire la primele două categorii de dovezi au fost detaliate în capitolul 26. Relatările scrise trebuie tratate, de asemenea, cu precauţie. Rareori aceste scrieri au fost concepute ca relatări istorice. Scopul lor era, cel mai adesea, politic sau religios: trebuiau să convingă o populaţie să accepte ordinele unui conducător dinastic, lăudând faptele de arme ale sale şi ale strămoşilor săi, în numele acestora, sau să sădească şi să propage credinţa într-unul sau mai mulţi zei. Uneori cele două scopuri erau combinate, ca în cazul conducătorilor deificaţi, precum regii Egiptului.

Povestirile orale transmise din generaţie în generaţie erau înfrumuseţate şi asimilate cu alte mituri, la fiecare relatare. Mulţi războinici deveneau eroi zămisliţi de câte un zeu, aşa cum e cazul grecului Heracles (adoptat de romani drept Hercule), sau deveneau întruparea unui zeu, aşa cum era Krishna la momentul în care istoria sa a fost consemnată în poemul epic Mahabharata, după cel puţin 900 de ani de la naşterea sa.

Pg.537

Ţinând cont de aceste rezerve referitoare la dovezi, voi încerca să arăt cum a dus evoluţia gândirii primitive la aceste şase consecinţe.

De la grupurile nomade de vânători-culegători la comunităţile sedentarizate de agricultori

Apariţia conştiinţei reflexive nu i-a transformat brusc pe oameni. Dimpotrivă, acele prime licăriri de conştiinţă reflexivă au avut de luptat cu instincte puternice înrădăcinate de-a lungul existenţei de milioane de ani a strămoşilor preumani.

Cercetările din ultimii douăzeci de ani au demontat concepţiile romantice cu privire la vânătorii-culegători paşnici, edenici, care trăiau în armonie cu natura sau care doar răspundeau prin violenţă după ce fuseseră persecutaţi de aşa-zişii occidentali civilizaţi (ceea ce s-a întâmplat cu adevărat).

În cartea sa *War Before Civilisation: The Myth of the Peaceful Savage*, paleoantropologul Lawrence Keeley, de la Universitatea din Illinois, combină dovezi provenite din rămăşiţele preistorice şi de la populaţii tribale moderne pentru a arăta că moartea în urma raidurilor şi masacrelor în timpurile preistorice era mult mai frecventă şi extinsă la o scară mult mai largă decât moartea în războaiele purtate de naţiunile moderne. Între numeroasele exemple, studiile etnografice referitoare la populaţii tribale din ţinuturile muntoase din Papua Noua Guinee şi la populaţia yanomami din pădurile Venezuelei, ca şi cele

despre murngin din Australia arată că aproximativ 25% dintre bărbaţii adulţi mureau în războaie. Cu un secol şi jumătate înainte de sosirea europenilor în Dakota de Sud, un mormânt comun de lângă un sat incendiat din Crow Creek adăpostea rămăşiţele a peste 500 de bărbaţi, femei şi copii - reprezentând cam 60% din populaţia satului - care au fost măcelăriţi, scalpaţi şi mutilaţi. Mormântul conţine puţine schelete de femei tinere, ceea ce sugerează că acestea erau luate captive. Jumătate din oamenii găsiţi într-un cimitir nubian vechi de aproximativ 12.000 de ani muriseră în urma unor violenţe.

Aceste descoperiri figurează şi în cartea *Constant Battles*[4] a lui Steven LeBlanc, arheolog la Harvard, care admite că timp de 25 de ani el şi colegii săi au ignorat, din obişnuinţă, dovezile clare ale războaielor. În această carte, vorbeşte despre siturile de vânători-culegători unde se găsesc dovezi ale morţii violente, artefacte specializate de luptă, trofee de război, în special capete, şi imagini ale luptelor în pictura rupestră.

Pg.538

Homicidul nu este restrâns la membrii altor grupuri de vânători-culegători. De la sfârşitul anilor ’70, antropologii Kim Hill şi Magdalena Hurtado, de la Universitatea de Stat din Arizona, au studiat grupurile ache care duceau o viaţă caracteristică epocii de piatră în pădurea amazoniană. 36% dintre bărbaţii adulţi mureau în războaie externe. Totuşi, Hill şi Hurtado au descoperit că, din lotul lor de 834 de indivizi, 22% muriseră de mâna unui alt membru ache, incluzând infanticidul, gerontocidul şi luptele cu bâta. Infanticidul, mai ales al orfanilor, şi uciderea bătrânilor şi bolnavilor erau atât de frecvente, încât aceşti membri ai grupurilor ache erau adesea îngropaţi de vii cea mai mare parte a timpului. Era un obicei acceptat de cultura lor. Vânătorii-culegători duc o viaţă grea; în cele mai multe zile sunt flămânzi şi nu-i pot susţine pe cei care nu sunt capabili să contribuie la procurarea nomadă a hranei.[5]

Dovezile cu privire la gândirea vânătorilor-culegători preistorici sunt rare şi deschise multor interpretări diferite: pe baza lor nu se pot face decât speculaţii. Fragmentul de mai jos, scris cu litere cursive, este un experiment mental interpolat cu astfel de dovezi existente.

Imaginează-ţi că nu ştii nimic despre bolile microbiene, meteorologie, astronomie sau orice altă ştiinţă. In fond, acum 25.000 de ani nu ştiai nimic altceva decât ceea ce vedeai, auzeai, atingeai, miroseai sau gustai, în teritoriul în care familia ta extinsă căuta plante şi fructe comestibile şi încerca să ucidă animale pentru carne.

Ce gândeşti atunci când unul dintre fiii face febră, e slăbit şi moare? Ce gândeşti despre o secetă care ofileşte plantele înainte să se coacă? Ce gândeşti despre zgomotul tunetului, lumina fulgerului, ploaia torenţială sau

furtuna de zăpadă?

După câteva generaţii îţi dai seama că unele dintre aceste fenomene au un tipar ciclic. Ziua şi noaptea se succedă predictibil şi asigură ritmul de bază al vieţii. Este ziuă atunci când un disc galben traversează cerul albastru şi produce căldură şi lumină cu ajutorul cărora poţi să cauţi hrană şi să vânezi, pentru ca apoi să dispară la orizont. Noapte este atunci când cerul e negru, în timp ce un disc alb de aceeaşi dimensiune cu cel galben traversează cerul pentru tot atâta timp. Nu produce căldură şi luminează puţin; e timpul pentru somn. Totuşi, spre deosebire de discul galben, cel alb descreşte câte puţin în fiecare noapte, până devine o dâră argintie şi apoi creşte din nou până ajunge discul alb de aceeaşi dimensiune cu cel galben, după care ciclul se repetă. Peste alte multe generaţii îţi dai seama că numărul de zile dintre două luni pline este acelaşi cu ciclul menstrual asociat cu fertilitatea femeilor. Aşadar, te gândeşti, Luna este asociată cu fertilitatea.

Luna a fost un simbol al fertilităţii în multe societăţi umane timpurii, după cum vom vedea mai târziu.

Supravieţuirea ta depinde de fertilitatea femeilor, care nasc fii sănătoşi care să-i înlocuiască pe cei ce mor de mici sau în bătălii, apărându-vă resursele de hrană şi femeile, sau care părăsesc grupul vostru. In jurul focului de tabără voi sau femeile voastre reprezentaţi printr-un simbol ce vă doriţi, gravând pe o mică bucată de colţ de mamut o vulvă în care lăsaţi sămânţa din care va ieşi copilul şi sânii mari care vor hrăni copilul. Purtată de femei într-un săculeţ sau legată în jurul gâtului cu o fâşie de piele, va aduce noroc şi copii sănătoşi.

Pg.539

Astfel de figurine datând încă de acum 35.000 de ani sunt descrise în capitolul 26[218].[6]

Înţelegi că moartea este opusul vieţii. Acesta este încă un lucru asupra căruia reflectezi. Ştii că vei muri şi tu, ca toţi ceilalţi. Fie în luptă, fie din cauza rănilor din timpul luptelor, fie pentru că eşti slăbit după ce nu ai reuşit multă vreme să găseşti hrană, fie pentru că ai febră şi nu poţi să mănânci, fie, rareori, după ce ai trăit mult timp şi acum ţi-ai pierdut puterile şi trupul ţi s-a împuţinat. Dar moartea este sigură. De aici apare o întrebare tulburătoare: ce se întâmplă cu mine după ce mor?

Îţi dai seama că unul dintre lucrurile care deosebesc moartea de viaţă este faptul că fiinţele vii respiră, pe când cele moarte nu mai respiră; corpul lor se descompune.

Ideea că răsuflarea este o forţă sau un spirit care conferă viaţă apare în aproape toate formele primitive de limbaj scris[219].

Faci faţă realităţii morţii, o traumă psihologică, gândind că suflarea ta sau forţa vitală se duce în altă parte după ce ţi-a părăsit corpul în descompunere. În memoria ta şi în visele tale din timpul somnului - când eşti pe jumătate viu, pe jumătate mort - vezi lucruri şi oameni, inclusiv pe părinţii tăi care au murit. Forţa lor vitală, sau spiritul, trăieşte într-o altă lume, o lume a spiritelor sau a viselor.

Gânduri similare te conduc la concluzia că tot ce e viu - animalele pe care le vânezi sau care te vânează, plantele şi fructele pe care le mănânci, copacii din ramurile cărora îţi construieşti adăpostul şi chiar munţii din care izvorăşte apa dătătoare de viaţă - posedă o forţă vitală sau un spirit.

Aceasta este o gândire animistă, o credinţă care persistă şi astăzi sub diferite forme, precum şintoismul şi tradiţiile multor triburi amerindiene (de exemplu lakota sioux) sau Visarea aborigenilor australieni.

Deoarece nu cunoşti nici un alt loc, lumea spiritelor nu este mai întinsă decât pământurile pe care le-ai văzut şi cerul de deasupra lor. Tu şi familia ta extinsă vă identificaţi cu un anumit spirit din habitatul vostru, de care depinde supravieţuirea voastră. Poate că trebuie să ai abilităţile de prădător ale leului, pe care-l admiri şi de care te temi, dacă teritoriul tău se află în Europa interglaciară, sau ale jaguarului, dacă te afli în America Centrală. Poate că e vorba de animale pe care le vânezi, precum o turmă de bizoni care trece regulat pe teritoriul tău. Sau de o anumită plantă comestibilă, precum grâul sălbatic, care se coace întotdeauna. Acestea devin sacre şi grupul tău impune tabuuri legate de felul în care trebuie tratate spiritele. Le reprezinţi purtând capul animalului sau snopi de grâu sau gravând imaginile lor.

Credinţele şi obiceiurile de acest tip, care întăresc solidaritatea grupului, constituie totemismul, practicat astăzi în forme diferite de unele triburi din Africa, Australia, Indonezia, Melanezia şi cele două Americi.

Pg.540

Un membru al grupului tău devine capabil să inducă o stare de vis sau transă - ceea ce numim astăzi stare de conştiinţă modificată - prin intermediul unor lungi sesiuni de dans sau bătut în tobă repetitiv, prin post sau consumarea unor plante sau extracte de plante halucinogene. Crezi că spiritul său îi părăseşte corpul şi intră în lumea spiritelor, unde caută ajutorul spiritelor puternice pentru a alunga spiritele rele care au pătruns în corpul tău şi care te fac să fii slăbit şi să ai febră; el îţi readuce în corp adevăratul spirit, făcându-te din nou puternic. Sau invocă spiritul cerului ca să aducă ploaia. Sau îi întreabă pe strămoşii tăi ce-o să se-ntâmple în viitor. Îl respecţi pe acest membru al tribului ca pe un înţelept sau un şaman.

Şamanismul, în diferite forme, este încă practicat în zilele noastre, de la populaţiile tribale din Siberia şi regiunile arctice, precum Evenki, până în America, unde şamanii sunt numiţi vraci sau vindecători, şi în Africa, unde sunt numiţi vrăjitori.

Îţi dai seama cum poţi să obţii şi să foloseşti pigmenţi pentru a desena pe stâncă ceea ce gândeşti şi îţi imaginezi, şi reuşeşti să-ţi exprimi tot mai bine ideile şi sentimentele prin sunete care transmit semnificaţia ta celorlalţi membri ai grupului. Gândirea, limbajul vorbit şi arta evoluează sinergic pentru a-ţi permite să împărtăşeşti experienţele, imaginaţia şi gândirea, nu numai celor ce trăiesc în acelaşi timp cu tine, dar şi generaţiilor viitoare.

Climatul fluctuant al pleistocenului aduce un uragan care-ţi devastează teritoriul, dar ai învăţat deja din vechile poveşti că au existat timpuri când cerul nu a trimis nici un strop de ploaie, iar Soarele a ars şi a veştejit plantele. Spiritele sunt supărate şi trebuie îmbunate prin ofrande, dacă vrei să supravieţuieşti. Aceste spirite se transformă în zeităţi. Şamanul tău comunică cu ele în numele grupului. El devine apoi preot.

Peste alte generaţii realizezi că, deoarece teritoriul tău a fost pârjolit de lipsa ploii, grupul tău ar avea o mai mare şansă de supravieţuire dacă ar pleca în căutarea unui teritoriu mai fertil, pe care-l descoperi dând peste un izvor sau peste o câmpie inundată de aluviunile unui mare fluviu. Aici, pe lângă faptul că poţi să pescuieşti, recunoşti mai multe tipare ciclice ale naturii. Grâul sălbatic îşi aruncă seminţele atunci când ziua şi noaptea sunt aproximativ egale. Data următoare când se întâmplă asta, plantele au fost hrănite de ploi şi încălzite de soare, au crescut, au rodit şi pot fi culese şi mâncate. Apele fluviului se umflă cam în aceeaşi perioadă în fiecare an, irigând pământul din jur şi lăsând în urmă mult mâl. Dar în unii ani aceste inundaţii sunt uriaşe şi distrug culturile.

Cam după 15.000 de ani sau 600 de generaţii de la aceste prime licăriri ale conştiinţei reflexive te gândeşti că, decât să te deplasezi mereu în căutarea hranei, este mai eficient să culegi seminţele, să le plantezi în solul bogat, să le recoltezi atunci când spicele sunt coapte şi să depozitezi recolta în vase pe care le-ai făcut din mâl ars. Foloseşti aceeaşi inventivitate pentru a face cărămizi de lut.

In josul fluviului, acolo unde plouă mai puţin, te gândeşti că poţi să-ţi sporeşti recolta săpând canale dinspre fluviu ca să irigi terenul uscat înainte să plantezi seminţele. De asemenea, îţi protejezi plantele de inundaţii devastatoare construind diguri.

Pentru irigaţii, semănături şi strângerea recoltelor e nevoie de mulţi oameni. Te gândeşti că în loc să te lupţi pentru hrană, iar în urma luptelor bărbaţii învinşi să plece în căutare de noi teritorii şi femei, este mai avantajos pentru familia ta extinsă să staţi împreună, să cooperaţi în toate

aceste munci grele şi să construiţi locuinţe stabile din cărămizi de lut. Aşezările voastre se extind. Mai târziu vă daţi seama că decât să vânaţi animalele care trec pe teritoriul vostru şi să ucideţi unul ca să-l mâncaţi este mai folositor să capturaţi câteva dintre ele, să le creşteţi şi să le înmulţiţi, pentru a vă hrăni cu ele atunci când puii lor cresc şi pot să le înlocuiască.

Comunitatea ta agrară câştigă în coeziune nu numai prin cooperare, ci şi prin ritualurile îndeplinite. Primăvara îi ceri zeiţei fertilităţii să transforme seminţele nou plantate în recolte bogate, toamna sărbătoreşti şi aduci mulţumiri pentru recoltă, iar la solstiţiul de iarnă este vremea să implori zeul soare să nu te abandoneze.

Această tranziţie la o comunitate sedentarizată a avut loc în momente diferite în funcţie de loc, de mediu şi de climă. Acest lucru este demonstrat de rămăşiţele de oase, recolte, unelte, vase şi construcţii, în ceea ce se numeşte epoca neolitică a acestor regiuni diferite. În unele locuri totuşi nu a avut loc. Survival International estimează că astăzi aproximativ 150 de milioane de vânători-culegători (circa 2% din populaţia lumii) trăiesc în grupuri mici în mai mult de 60 de ţări din regiuni precum Africa ecuatorială şi în pădurile tropicale din America de Sud. Dintre acestea, cam 100 de triburi nu au fost niciodată contactate, deşi câteva au fost văzute de la distanţă sau din avion.[7]

De la aşezările agricole la oraşele-stat şi imperii

Nemaifiind mereu înfometat şi pe drumuri, ai mai multe ocazii să reflectezi şi să schimbi idei cu alţi membri ai satului tău. Acum uneltele tale nu se mai limitează la ceea ce poţi lua cu tine, astfel încât, în cooperare cu alţii, inventezi unele mai eficiente, cum ar fi plugurile făcute din coarne, care te ajută la plantarea seminţelor, pietre de moară pentru sfărâmarea şi mărunţirea grăunţelor şi vase mari de lut pentru depozitare; ai timp şi creativitatea să decorezi aceste obiecte cu imagini şi simboluri. Cu ajutorul uneltelor şi al sistemului de irigaţii mai bine dezvoltat, poţi să-ţi extinzi gospodăria.

Îi venerezi pe părinţii tăi şi pe părinţii părinţilor tăi pentru că te-au învăţat cum să supravieţuieşti; le aduci ofrande la morminte şi uneori chiar pui la loc de cinste acea parte din ei care le-a adăpostit spiritul, respectiv craniul lor.

Într-una dintre aşezările din Ierihon, datată la 6500 î.Hr., s-au găsit cranii îmbrăcate în argilă şi ornate cu cochilii de scoici în locul ochilor, interpretate drept dovezi ale cultului strămoşilor, în timp ce săpăturile de la Catal Hoyuk, din Anatolia (acum parte a Turciei), au dezgropat cranii îmbrăcate în argilă şi pictate cu ocru pentru a recrea

feţele. Venerarea spiritelor strămoşilor este întâlnită în multe religii din prezent, de la şintoismul din Japonia şi hinduismul din India până la catolicismul din America Centrală, unde a asimilat multe tradiţii indigene.

Pg.542

Realizezi că, deşi ţi-ai extins gospodăria, tot îţi lipsesc unele resurse pe care le au alţi oameni şi te gândeşti că ar fi bine să faci schimb din surplusul tău de produse cu aceste resurse. Ai scobit canoe şi ai făcut plute cu pânze pentru a călători în susul şi în josul fluviului şi a face schimburi cu celelalte comunităţi. Astfel, schimbi nu numai materiale şi artefacte, ci şi idei.

Construieşti ziduri de piatră în jurul locuinţei tale pentru a o proteja de grupurile de păstori nomazi, care încearcă să-ţi prade depozitele de hrană, sau de alte triburi care sunt forţate de supraexploatarea pământului, de secetă sau de activitatea tectonică şi alte dezastre naturale să-şi părăsească teritoriul şi să încerce să se instaleze pe teritoriul tău. Aşezarea ta a devenit un oraş fortificat.

Până acum preoţii tăi au folosit poziţia Soarelui pe cer, raportată la un munte, ca să prezică timpul optim pentru a aduce ofrande zeilor, pentru semănături şi pentru recoltă. Sub conducerea lor, contribui la construirea unor munţi de piatră - pietre unice sau menhire ori cercuri de piatră - cu ajutorul cărora vor putea să facă predicţii mai exacte şi alte ritualuri asociate cu evenimentele cereşti.

Nu mai venerezi dibăcia în vânătoare a leului sau viteza calului sau abilităţile altor animale sau păsări. Eşti singura specie care poate să ucidă de la distanţă; ai îmblânzit calul şi îl călăreşti; ai construit care. Iţi imaginezi zeii drept cele mai puternice lucruri pe care le cunoşti; nişte oameni cu însuşiri extraordinare: un bărbat care are puterea ucigaşă a leului, un altul care are vedere de uliu, o femeie care stăpâneşte fertilitatea Lunii, o alta care are puterea de vindecare a şarpelui ce-şi leapădă pielea în fiecare an şi renaşte.

Intr-o generaţie viitoare descoperi singur sau înveţi de la alţii că dacă găseşti pietre strălucitoare şi aurii în albia unui râu şi le încălzeşti la foc, se transformă într-un lichid pe care-l poţi turna într-o formă de lut, unde se întăreşte şi devine un metal preţios. Acelaşi lucru se întâmplă atunci când încălzeşti alte pietre colorate. Astfel de metale precum aurul, cuprul şi cositorul nu sunt destul de dure încât să faci din ele unelte sau arme, dar poţi să le gravezi şi să modelezi din ele podoabe luxoase şi alte ornamente.

Mai apoi meşterii voştri cu experienţă descoperă sau învaţă de la alţi oameni că, dacă amestecă unele dintre aceste metale lichide cum ar fi cuprul şi cositorul, amestecul se întăreşte şi devine un aliaj cu proprietăţi superioare, precum bronzul, care e dur şi poate fi turnat pentru a forma lame sau vârfuri ascuţite. Oraşul tău foloseşte această tehnologie pentru a produce unelte agricole şi arme mai eficiente. Meşterii descoperă mai târziu

cum să facă un cuptor destul de fierbinte încât să obţină din roci de culoare ruginie un metal argintiu pe care-l pot modela prin batere, îl pot reîncălzi şi astfel pot forja unelte şi arme din fier, cu proprietăţile oţelului de astăzi.

Pg.543

Oraşul tău foloseşte aceste noi tehnologii pentru a-şi extinde terenurile agricole. Populaţia ta creşte corespunzător şi devine, în acelaşi timp, mai complexă. Cei mai mulţi lucrează în agricultură şi îşi transmit priceperea copiilor. Dar există şi meşterii şi negustorii care-şi transmit la rându-le priceperea copiilor, aşa cum o fac şi cei pricepuţi în arta războiului, pentru a apăra gospodăria şi a cuceri alte oraşe, de unde capturează resurse naturale şi oameni pe care-i fac sclavi sau îi sacrifică zeilor tăi, şi preoţii care prevăd cele mai bune momente pentru a aduce ofrande zeilor, astfel încât aceştia să vă ajute să supravieţuiţi şi să prosperaţi.

Ritualurile nu mai sunt suficiente pentru a ţine unită o populaţie aşa de numeroasă. Un conducător preia puterea şi impune legi pentru a împiedica haosul. Acest conducător provine din clasa preoţilor sau din cea a războinicilor, în funcţie de care e cea mai mare ameninţare pentru supravieţuire, dacă vine de la forţele naturii controlate de zei sau de la alte populaţii. De obicei e vorba de cea de-a doua. Odată ajuns la putere, conducătorul, ca şi membrii celorlalte clase, le transmite copiilor abilităţile lui legate de exercitarea puterii; asta presupune deseori suprimarea brutală a celor nesupuşi.

Dovezile acestui tipar evolutiv general, în cadrul căruia există variaţii individuale, provin din şase regiuni: Orientul Mijlociu din ziua de astăzi, Egiptul, Europa, subcontinentul indian, China şi America Centrală. Sunt descoperite continuu noi dovezi, iar în viitor vor include, fără îndoială, şi alte regiuni, precum Africa subsahariană.

Orientul Mijlociu

Până în prezent, cele mai vechi aşezări agricole au fost descoperite în Levant, regiunea care mărgineşte partea estică a Mediteranei, cuprinzând astăzi Israelul, Teritoriile palestiniene, Iordania, Libanul, Siria şi sudul Turciei.

Foarte probabil, s-au dezvoltat din comunităţile nomade de natufieni, care ocupau înainte acea regiune. Izvoarele de apă dulce din Ierihon, aşezare localizată în Teritoriile palestiniene de astăzi, au făcut-o un loc potrivit pentru sedentarizarea vânătorilor-culegători natufieni, acum circa 9.000 de ani. Rămăşiţele arheologice şi de alte feluri arată că acest loc s-a dezvoltat într-o aşezare agricolă permanentă constând în locuinţe circulare cu un diametru de aproximativ 5 metri, făcute din cărămizi de lut, şi unde se practicau cultivarea de cereale precum grâul şi orzul şi creşterea oilor şi

caprelor.

După aproximativ 1.000 de ani aşezarea s-a extins într-un oraş înconjurat de un zid de piatră masiv; populaţia estimată variază de la 200-300 până la 2.000-3.000 de oameni. Alte dovezi lipsesc până la sfârşitul mileniului al IV-lea î.Hr., când Ierihonul a redevenit un oraş fortificat, după ce zidurile sale au fost reconstruite de multe ori. Pe la 1900 î.Hr., canaaniţii au dezvoltat un oraş care a fost distrus cândva între 1550 şi 1400 î.Hr.[8] Atunci când acest eveniment a fost relatat, câteva sute de ani mai târziu, scribii evrei au atribuit Dumnezeului lor această distrugere. El l-a învăţat pe regele Iosua să comande războinicilor săi să mărşăluiască în jurul zidurilor şi să strige

Pg.544

în timp ce şapte preoţi suflau în corn, după care zidurile s-au prăbuşit. Iosua a intrat în oraş şi a luat tot ce era făcut din aur, argint, cupru şi fier, în timp ce războinicii săi au măcelărit orice fiinţă vie - bărbaţi, femei, copii şi animale - ca o ofrandă adusă Dumnezeului lor atotputernic.[9] Oraşul a fost apoi reconstruit în apropiere.

Acest tipar de cucerire, distrugere şi reconstruire, de obicei într-o aşezare mai complexă, pare să fi fost repetat de mai multe ori, deşi nu avem dovezi scrise care să susţină intervenţia divină în celelalte distrugeri.

Un tipar asemănător se întâlneşte în Mesopotamia, zona dintre fluviile Tigru şi Eufrat, cuprinzând cea mai mare parte a Irakului de astăzi şi mărginită la nord de munţii Armeniei (parte din Turcia de astăzi), la est de munţii din Kurdistanul iranian, iar la vest de deşerturile Siriei şi Arabiei Saudite. Aceasta era biblica grădină a Edenului. Totuşi, condiţiile din această zonă nu erau nici pe departe idilice. O ipoteză care a dus la controverse între specialişti este că transformarea a fost produsă de o schimbare climatică globală care a redus drastic ploile, cu excepţia zonei muntoase din nord-est[10], lăsând în cea mai mare parte a regiunii veri lungi, fierbinţi şi uscate, cursul rapid al Tigrului provocând inundaţii distrugătoare şi formând mlaştini în delta de la confluenţa Tigrului şi Eufratului, care se varsă în Golful Persic.

Cele mai vechi aşezări, precum Jarmo în nord, datează probabil de la anul 7000 î.Hr.. Dovezi neconcludente sugerează că în zona inundabilă a Eufratului, în sudul Mesopotamiei, s-au format mici aşezări agricole începând cu anul 5800 î.Hr.[11] Populaţiile din sud au inventat sau au dezvoltat tehnologii precum digurile şi canalele de irigaţie pentru a-şi extinde terenurile agricole. Sumerienii au inventat roata olarului, cu ajutorul căreia şi-au dezvoltat producţia de vase de depozitat din ceramică, iar mai târziu au inventat vehiculele cu roţi. Sudul era lipsit de multe resurse materiale, precum copacii al căror lemn era folosit pentru marile construcţii, zăcămintele metalice sau

cantităţi suficiente de piatră, astfel încât sumerienii au prădat zonele învecinate şi în acelaşi timp şi-au dezvoltat schimburile comerciale pentru a obţine aceste materiale sau produsele lor.

Tehnologiile lor şi negoţul au dus la creşterea acestor aşezări în perioada cuprinsă între 4000 şi 3000 î.Hr., în oraşe stratificate social şi apoi în oraşe-state cum au fost Urukul sau Urul, fiecare având în centru un templu dedicat unui zeităţi care proteja oraşul. La început, aceste oraşe erau guvernate ca o teocraţie, condusă de un preot sau o preoteasă supremă, *en*, împreună cu un conducător laic, *lugal* (om puternic), ales de cetăţeni pentru un an. Războaiele tot mai numeroase dintre aceste oraşe în expansiune însemnau că cea mai mare primejdie pentru supravieţuire erau alţi oameni, nu zeităţile; ca urmare, a avut loc un transfer al puterii de la *en* către *lugal,* care a întemeiat o conducere permanentă şi apoi dinastică, astfel încât *lugal* a ajuns să însemne rege, care îndeplinea şi unele funcţii preoţeşti.[12]

Pg.545

Apoi, conducătorii dinastici au făcut o seamă de cuceriri şi asimilări, prin care şi-au extins controlul asupra întregii regiuni, creând, pe rând, imperiul akkadian, imperiul babilonian şi imperiul asirian, până când Mesopotamia a fost cucerită de Alexandru cel Mare, în anul 332 î.Hr.

Egiptul[13]

Rămăşiţele din perioada predinastică sunt rare, deschise unor interpretări diferite, iar datarea lor este incertă, dar se pare că în neolitic s-au dezvoltat aşezări agricole în câmpia bogată în aluviuni a Nilului, în locuri precum Merimde, în delta vestică a Nilului inferior, între 4750 şi 4250 î.Hr., şi la El-Badari şi Asyut, în sud, sau pe Nilul superior, între 4400 şi 4000 î.Hr. Este posibil să fi existat astfel de aşezări şi înainte de anul 5000 î.Hr. Cimitirele din zona El-Badari prezintă rămăşiţe de grâu, orz, linte şi tuberculi, plus vite, câini şi oi, precum şi vase de lut.

Cele mai vechi rămăşiţe ale populaţiei Naqada din amontele Nilului sunt datate diferit între 4000 şi 4400 î.Hr., iar cultura lor s-a răspândit de-a lungul Nilului până prin anul 3000 î.Hr. În acea perioadă au făcut schimburi comerciale cu Nubia la sud, cu oazele din deşert la vest şi cu popoarele mediteraneene la est. În Hierakonpolis, la sud de Teba, săpăturile au descoperit o curte ovală cu o lungime de 30 de metri. De-a lungul uneia dintre laturile acesteia există ceva ce seamănă cu un şanţ de scurgere, plin cu oase. În apropiere se găseşte un cimitir cu corpuri mutilate, unele scalpate, altele lovite cu bâte, până la moarte.

Egipteanul de origine greacă Manethon din Sebennytos susţine în scrierile sale datând de la începutul secolului al III-lea î.Hr. că regatele Nilului inferior şi superior au fost unite pe la 3100 î.Hr. de legendarul rege Menes, despre care nu există dovezi. Unii arheologi cred că era vorba de un rege numit Narmer. Această opinie se bazează pe descoperirea unei palete de ardezie datând din secolul XXXI î.Hr. Această paletă este gravată pe o parte cu imaginea unui rege ţinând în mână părul unui om pe care este pe cale să-l lovească cu un buzdugan, în timp ce, pe cealaltă parte regele este portretizat într-o procesiune ceremonială alături de zece corpuri decapitate, capetele fiind plasate la picioare. Alte gravuri includ imagini interpretate drept simboluri ale Nilului Superior şi Inferior şi hieroglife interpretate ca însemnând Narmer.

În mormintele succesorilor dinastici ai lui Narmer s-au găsit cadavre cu sânge uscat pe dinţi sau ale căror poziţii sugerează că victimele au fost arse de vii. Mormintele regilor au devenit din ce în ce mai mari, dezvoltându-se mai târziu în mari piramide de piatră.

Pg.546

Regatul unit şi-a sporit bogăţia prin vinderea surplusului de grâne şi prin dezvoltarea unei armate puternice care apăra teritoriul şi cucerea alte teritorii şi popoare pentru formarea unui imperiu. De exemplu, ocuparea Nubiei, aflată în sud, a asigurat controlul asupra regiunii celei mai bogate în mine de aur şi monopolul asupra

metalului în estul Mediteranei. Meşteşugarii imperiului au ridicat monumente precum obeliscurile şi au creat bunuri somptuoase pentru morminte (cum ar fi sarcofagul interior, din aur, al lui Tutankamon, care cântărea peste 110 kg).[14]

Era condus de un rege dinastic, numit mai târziu faraon, care era venerat ca un zeu, deoarece se credea că e răspunzător de inundaţiile anuale ale Nilului, de care depindea fertilizarea recoltelor şi bunăstarea Egiptului; era guvernat de o clasă administrativă, formată în mare parte din preoţi. Următorii în ierarhie erau negustorii, meşteşugarii şi inginerii care proiectau templele şi mormintele piramide din ce în ce mai mari. Pe un loc inferior în ierarhie se aflau marea majoritate a agricultorilor, urmaţi de sclavii capturaţi în urma cuceririi altor popoare. Nu se poate şti sigur dacă marile monumente de piatră ale Egiptului au fost construite de oameni prin cooperare în cinstea zeilor sau au fost înălţate de cetăţeni sau sclavi forţaţi să muncească.

Tiparul de pe parcursul a 3.000 de ani şi aproape 30 de dinastii arată mai mult sau mai puţin succes în apărarea şi extinderea regatului, lupte sângeroase pentru putere, prăbuşirea guvernării centrale şi preluarea conducerii de către lideri locali, lupte între liderii locali, reunificare prin război, preluarea puterii de către colonişti precum canaaniţii şi libienii sau de către invadatori precum asirienii şi perşii, care fie au devenit conducători dinastici de tipul faraonilor, fie au instalat faraoni-marionetă, până când Alexandru cel Mare a cucerit Egiptul. După moartea lui Alexandru, unul dintre generalii săi, Ptolemeu, un grec macedonean care fusese guvernatorul Egiptului, s-a autoproclamat rege în anul 305 î.Hr. şi a pus bazele ultimei dinastii înainte de cucerirea şi anexarea Egiptului de către Roma în anul 30 î.Hr.

Europa

Cultura neolitică s-a răspândit spre nord, în ţinuturile mai răcoroase şi mai umede ale Europei, unde locuinţele din cărămizi de lut ale Levantului au fost înlocuite de case mari, de formă alungită, alături de tumuli, movile funerare făcute din pământ stivuit peste structuri de susţinere din lemn.

O trăsătură notabilă sunt cele patru tipuri de megaliţi construiţi din pietre de mari dimensiuni, cioplite rudimentar: mormântul prevăzut cu un culoar, piatra verticală sau menhirul, şirul de pietre şi cercul de pietre.

Pg.547

Cel mai celebru este Stonehenge, din sudul Angliei, dezvoltat în trei etape diferite: un terasament circular construit pe la 2950 î.Hr.; o serie de structuri din lemn ridicate între 2900 şi 2400 î.Hr., când era

folosit drept cimitir-crematoriu, şi o a treia etapă între 2550 şi 1600 î.Hr., când s-au construit cercuri concentrice de piatră, cercul exterior fiind legat prin grinzi de piatră orizontale, în jurul unei pietre-altar, şi o lungă alee de acces.[15]

Poate mai concludent pentru viaţa neolitică din insulele britanice este un sit recent descoperit, Ness of Brodgar, care acoperă o suprafaţă de 2,5 hectare în Orkney, grup de insule aflate în dreptul capătului nord-estic al Scoţiei, care se poate să fi fost locuite încă din anul 3500 î.Hr. Numai o zecime din această suprafaţă a fost excavată, dar deja s-au găsit construcţii cu acoperiş din gresie, pereţi pictaţi cu pigmenţi coloraţi şi ceea ce coordonatorul săpăturilor, Nick Card, a asociat cu un templu: o construcţie de piatră de 25 de metri lungime şi 19 metri lăţime, cu pereţi groşi de aproape 5 metri, care ar fi dominat Pietrele de la Stenness, aflate în apropiere, şi cercul de pietre numit Inelul din Brodgar. Întregul edificiu este împrejmuit de un zid de piatră gros şi pare să fi fost folosit timp de aproximativ 1.500 de ani.[16]

Alte construcţii mai vechi decât Stonehenge sunt numeroasele morminte cu pasaj din Irlanda[17]. Situat la 50 km nord de Dublin, pe o culme deasupra unui teren agricol fertil din valea râului Boyne, se află masivul mormânt cu pasaj Newgrange, datat pe la 3200 î.Hr. Este gravat cu numeroase simboluri, în special spirale, iar construirea lui a durat până la 30 de ani, după cum afirmă cel care l-a descoperit, Michael J. O'Kelly, de la University College, Cork. Rămăşiţele umane erau incinerate, dar Newgrange pare să fi fost mormântul unui număr restrâns de persoane, aşa cum erau piramidele regale de piatră construite 500 de ani mai târziu în Egipt, iar orientarea şi aspectul său sugerează că era un centru ritual. Voi discuta aceste aspecte mai în detaliu atunci când mă voi referi la dezvoltarea credinţelor şi religiilor, într-o secţiune viitoare.

Dovezile folosirii aliajelor de metale în Europa datează cam din 3200 î.Hr., din Cipru, ai cărui meşteri amestecau cuprul din minele de pe insulă cu staniul, mult mai rar, importat din alte zone mai îndepărtate, pentru a produce obiecte de bronz. Minoicii din Creta, numiţi astfel după legendarul lor rege Minos, par să fi controlat mare parte din comerţul cu bronz, pe care-l foloseau pentru a construi palate luxoase precum cel din Knossos.

Subcontinentul indian[18]

Mai multe studii recente au răsturnat ideile şi datările anterioare, izvorâte în mare parte din datele estimate de germanul Max Muller în anii 1860 şi din interpretarea rămăşiţelor de către arheologii din perioada colonială britanică. Deşi datarea privind subcontinentul indian este încă discutabilă, se pare că oamenii care locuiau în casele din cărămizi de lut cultivau grâu şi orz şi creşteau oi, capre şi vite în

Mehrgarh, în zona actualei câmpii Kachi a Baluchistanului, din Pakistan, începând cu anul 7000 î.Hr., existând dovezi legate de prelucrarea cuprului din jurul anului 5000 î.Hr. În această zonă au existat aşezări până pe la 2600 î.Hr.

Pg.548

Pare rezonabil să presupunem că această populaţie din Mehrgarh, care s-a răspândit către sud şi apoi spre sud-vest şi nord-est de-a lungul râurilor din Valea Indului, a fost cea din care s-a născut ceea ce numim astăzi civilizaţia Văii Indului, care s-a dezvoltat începând de pe la 3300 î.Hr. La apogeu, acoperea o arie de aproximativ 1.250.000 km^2 din Pakistanul de astăzi şi din nord-vestul Indiei şi cuprindea mai mult de o mie de aşezări. Dintre acestea, un loc de frunte ocupau oraşele Harappa şi Mohenjodaro, care prezintă urme de citadele situate pe coama dealurilor, planificare urbană sofisticată, sisteme sanitare, grânare şi docuri. Locuitorii lor făceau schimburi de bunuri pe uscat şi pe mare până în Mesopotamia, Persia şi Asia Centrală.

Până în prezent nu a fost descifrat nici un înscris şi nu cunoaştem cu certitudine cum erau conduse aceste oraşe. Poemul epic sanscrit Mahabharata („Marea poveste a urmaşilor lui Bharata“, acei legendari primi locuitori ai Indiei), compilat probabil în versiunea finală extinsă între 400 î.Hr. şi 400 d.Hr., descrie o bătălie istorică între veri, fiecare susţinut de regi aliaţi, pentru dreptul de succesiune la tronul lui kuru. O astfel de bătălie a avut loc probabil lângă sau în Valea Indului, deşi estimările cu privire la perioadă variază de la anul 950 î.Hr. (susţinute mai ales de cercetătorii europeni) până la vremuri mult mai îndepărtate, precum 5561 î.Hr. (susţinute mai ales de cercetătorii indieni).[19]

În afară de un rege dinastic susţinut de fraţii săi, prinţi, restul ierarhiei sociale poate fi dedusă din sistemul de caste care funcţionează încă în multe părţi din India rurală şi din Pakistanul de astăzi; ea reflectă o stratificare socială bazată pe funcţii, similară celor din alte civilizaţii antice despre care am vorbit până acum, cu o castă a preoţilor (brahmani), o castă a războinicilor (kshatriya), o castă a comercianţilor (vaishya), o castă a ţăranilor (shudra) şi, în sfârşit, cei fără castă sau cei de neatins.

Oraşele şi satele au fost abandonate pe la 1900 î.Hr. Speculaţiile cu privire la cauze includ dezastrele naturale, cum ar fi activitatea tectonică, seceta sau schimbarea cursului râurilor, exploatarea agricolă excesivă sau cucerirea şi distrugerea. Cel mai probabil populaţia s-a mutat către est, în valea Gangelui.

China[20]

Dovezile aşezărilor agrare timpurii sunt puţine, dar olăritul şi mormintele sugerează că acestea s-au dezvoltat în perioada 8000-2000

î.Hr. în câmpiile bogate în aluviuni ale fluviului Huang, sau Fluviul Galben (în China de nord), şi ale fluviului Yangtze (în China centrală).[21] Urme din perioade mai târzii sugerează că oamenii cultivau orez şi mei şi domesticiseră porci, găini şi bivoli de apă.

Pg.549

Prelucrarea bronzului datează probabil de pe la 2000 î.Hr. şi s-a dezvoltat până la sfârşitul perioadei Han, la 221 î.Hr., producând arme precum capete de suliţe sau obiecte rituale: trepiede şi vase marcate cu motive ornamentale precum demoni, animale simbolice şi simboluri abstracte.

Cele mai vechi şi sigure dovezi de guvernare provin din Yin, de lângă oraşul modern Anyang, capitala de la sfârşitul dinastiei Shang, din nordul Chinei. Se păstrează tiparul deja familiar. Dinastia Shang, formată din 31 de regi, a condus, cu aproximaţie, de la 1600 până la 1046 î.Hr., timp în care şi-a mutat de nouă ori capitala. Yin a fost ocupat din secolul al XIII-lea î.Hr. şi a cuprins o zonă ovală de circa 9,75 km / 3,75 km care include un complex al templului, cu urme de sacrificii umane, clădiri rezidenţiale, grupuri de locuinţe ale aristocraţilor şi ateliere de lucru, plus cimitire cuprinzând 11 morminte regale care adăpostesc corpuri de soldaţi şi de cai.

În 1046 î.Hr., Wu din Zhou, situat în nord-vestul Chinei, a cucerit regatul Shang şi l-a inclus în teritoriul său, cu centrul în Fenghao, lângă oraşul actual Xi'an, din valea râului Wei. La moartea lui Wu, fratele său mai mic, ducele de Zhou, a devenit regent. El a fost mai târziu mitologizat şi, printre altele, considerat autorul doctrinei Mandatul Cerului, conform căreia Cerul sau Divinitatea binecuvântează autoritatea conducătorului dinastic care este drept, dar i-o retrage celui care este nedrept. Aceasta a fost privită ca o legitimare a alungării dinastiei Shang, care pretinsese că are un mandat divin pentru a conduce.

Dinastia Zhou a folosit un sistem feudal de administrare a imperiului care s-a extins, cuprinzând cea mai mare parte din China. Dinastia a cunoscut introducerea metalurgiei fierului, a plugurilor trase de boi, arbaleta şi călăria.

America Centrală[22]

Datarea în America preistorică este, de asemenea, problematică. Se pare că odată cu anul 1500 î.Hr., dacă nu mai devreme, olmecii din zona tropicală din sud-estul Mexicului, începând probabil din valea râului Coatzacoalcos, care se varsă în Golful Mexic, cultivau porumb, fasole, dovleac şi alte plante. Inundaţiile sezoniere asigurau un sol fertil, cu aluviuni, care atrăgea un număr mare de populaţii, ducând la dezvoltarea oraşelor.

Printre artefactele caracteristice se numără capete gigantice

reprezentându-i cel mai probabil pe conducători, sculptate dintr-un singur bloc de bazalt vulcanic, gravuri interpretate ca oameni-jaguar (oameni care se transformă în jaguari) şi bebeluşi-jaguar pe piese de altar, ceea ce sugerează un sacrificiu, plus un joc cu mingea şi imagini ale sângerării rituale practicate în special de conducători, care sunt întâlnite

Pg.550

şi în civilizaţiile de mai târziu ale Americii Centrale. Civilizaţia olmecă a durat cam 1.000 de ani şi a dispărut între anii 400 şi 350 î.Hr. Cauza sau cauzele dispariţiei pot fi doar bănuite şi seamănă cu cele ale dispariţiei civilizaţiei din valea Indului.

Mai multe dovezi sunt disponibile cu privire la civilizaţia maya, care s-a dezvoltat în zona ocupată în prezent de Belize, Guatemala, sud-estul Mexicului şi regiunea occidentală din Honduras şi El Salvador.

În perioada lor clasică, cuprinsă cu aproximaţie între anii 250 şi 900 d.Hr., maya au construit centre ceremoniale care s-au dezvoltat în peste 40 de oraşe, alcătuite de obicei dintr-o piaţă centrală, dominată de un templu de forma unei mari piramide în trepte, împreună cu un palat şi o mare curte de ceremonii. Aceste oraşe erau construite în special din calcar, extras şi sculptat cu ajutorul unor pietre mai dure, precum silexul. Deşi erau avansaţi în astronomie şi numerotare (despre care vom vorbi mai târziu), nu există dovezi că maya ar fi lucrat metale sau ar fi folosit roata, fie pentru confecţionarea vaselor, fie pentru transport, deşi au construit drumuri albe (sacbeob, în limba maya din Yucatan) pardosite cu stucatură din calcar pusă peste piatră şi umplută cu moloz, care se pare că au fost folosite în scopuri religioase, militare şi de negoţ. Mare parte din această civilizaţie s-a năruit, lăsând multe oraşe pradă junglei. Printre cauzele presupuse se numără su- praexploatarea agricolă, seceta, cucerirea şi distrugerea sau desfiinţarea căilor comerciale din cauza războaielor.

Totuşi, oraşe precum Chichen Itza, Uxmal şi Mayapan, din zona joasă a pădurilor tropicale din nordul peninsulei Yucatan, au prosperat în continuare timp de câteva secole, fiind probabil colonizate sau cucerite de toltecii din nord. Clădirile mai târzii din Chichen Itza nu mai sunt gravate cu motivul şarpelui, care o reprezenta pe Ixchel, zeiţa Maya a fertilităţii şi medicinei, ci cu motivul şarpelui cu pene, reprezentându-l pe legendarul rege-zeu al toltecilor, cunoscut şi de maya, sub numele de Kukulkan, şi de azteci, sub numele de Quetzalcoatl. Sculpturile, frescele şi codicele scrise zugrăvesc războinici victorioşi în lupte şi un suport de cranii, tipic pentru culturile din America Centrală, folosit pentru a etala capetele prizonierilor de război şi ale altor victime ale sacrificiilor. Ele înfăţişează o societate stratificată asemănătoare cu cea întâlnită în alte

societăţi antice, cu un rege ereditar, preoţi-astronomi, nobili, agricultori şi sclavi.

Dezvoltarea scrierii

Înregistrarea vizibilă a limbajului pe diverse materiale, precum piatra, lutul sau hârtia este întâlnită numai la specia umană. Ea permite transmiterea ideilor la distanţe mari şi intervale mari de timp. În lipsa ei, societăţile mari şi complexe nu s-ar fi putut dezvolta.

Pg.551

Aranjarea literelor şi simbolurilor în grupuri sau secvenţe pentru a exprima înţelesuri definite şi inteligibile a evoluat din reprezentările picturale şi mai apoi simbolice ale lucrurilor. S-a dezvoltat independent în cel puţin trei locuri diferite în perioade diferite[23], de obicei pentru a înregistra cantităţile de produse agricole sau de artefacte negociate sau luate ca taxe sau tributuri datorate unui conducător, pentru a promulga legi sau pentru a consemna poveşti în care erau veneraţi zei sau conducători sau pentru a consemna reguli de desfăşurare a ritualurilor.

După cum am menţionat în capitolul 26, cei mai mulţi specialişti în lingvistică consideră că cele mai vechi sisteme de scriere au fost cuneiformele sumeriene gravate pe tăbliţe de lut, datând de la 3000 î.Hr., şi hieroglifele egiptene, cioplite în piatră şi datând cam din aceeaşi perioadă. Nu se cunoaşte dacă scrierea egipteană s-a dezvoltat independent sau sub influenţa celei sumeriene.

Scribii cretani foloseau pe la 2200 î.Hr. o scriere hieroglifică indigenă pe tăbliţe de lut, care s-a dezvoltat începând de la 1900-1800 î.Hr. în ceea ce se cunoaşte sub numele de scrierea Linear A, încă nedescifrată, care probabil folosea limba minoică. Scrierea Linear B apare în Pelopones pe la 1500 î.Hr. şi de asemenea în palatele cretane; a fost folosită pentru scrierea în greaca miceniană şi a precedat cu câteva secole alfabetul clasic grecesc.

În Harappa, în Valea Indului, au fost descoperite şi datate pe la 2500 î.Hr. nişte înscrisuri făcute pe peceţi rectangulare din piatră moale şi pe unelte, tablete în miniatură, plăcuţe de cupru şi vase de lut, dar nu au fost descifrate şi nu este clar dacă reprezintă o protoscriere sau o scriere. Sanscrita, limba clasică din India îşi are rădăcinile în sanscrita vedică, în care au fost scrise imnurile antice către zei, dar specialiştii din Occident şi câţiva din India nu sunt de acord în legătură cu gradul în care s-a dezvoltat din limbile locale sau a fost importată în India de arienii care au invadat din zona de astăzi a Iranului. Totuşi, pentru ipoteza invaziei ariene există puţine dovezi, iar originea limbii sanscrite nu e limpede.

Scrisul a fost inventat independent în China, unde cele mai vechi dovezi descoperite până acum constau în inscripţii pe omoplaţi de

bovine şi pe carapace de broască ţestoasă folosite în ritualurile religioase de la 1250 î.Hr., în timpul dinastiei Shang. Scrierea chineză care s-a dezvoltat ulterior nu foloseşte un alfabet cu un număr limitat de caractere, precum limbile europene; fiecare caracter reprezintă în general o silabă din chineza vorbită şi poate fi un cuvânt în sine sau parte dintr-un cuvânt polisilabic, ceea ce conduce la existenţa a mai mult de 5.000 de caractere.

Pg.552

Este aproape sigur că scrierea s-a dezvoltat independent şi în America Centrală. O lespede de piatră descoperită în statul mexican Veracruz, datând cam de la anul 900 î.Hr., a fost considerată cel mai vechi sistem de scriere de pe continent, deoarece conţine un tipar secvenţial de 62 de semne gravate. Nu a fost încă descifrată şi este atribuită olmecilor.[24] Din această regiune, limba antică cel mai bine înţeleasă este limba maya din perioada clasică (200-900 d.Hr.), numită adesea scriere glifică. Au fost descoperite mostre gravate în lemn şi în piatră, pictate pe ceramică şi pe pereţi şi scrise pe pergamente din scoarţă de copac, cunoscute drept codice. Cele mai multe dintre acestea au fost arse din ordinul lui Diego de Landa, franciscanul însărcinat cu convertirea populaţiei maya la catolicism, dar câteva au supravieţuit. Cel mai amplu este Codexul din Dresda, numit astfel după biblioteca din Germania unde este păstrat; datează din secolul al Xl-lea sau al XII-lea şi se crede că este o copie a unui text original mai vechi cu trei-patru sute de ani.[25]

Bazele astronomiei şi matematicii

Considerate astăzi discipline ştiinţifice, astronomia şi matematica au fost fondate pentru nevoi practice şi în strânsă legătură cu credinţele primilor oameni.

Multe dintre structurile megalitice din Europa demonstrează cunoştinţe de astronomie. În 1963, astronomul Gerald Hawkins a publicat în revista Nature un articol în care a folosit analiza computerizată a fenomenalelor cereşti vizibile în anul 1500 î.Hr. pentru a susţine că structurile de la Stonehenge erau aliniate cu 13 evenimente solare şi 11 evenimente lunare şi că erau proiectate astfel încât să prezică eclipsele de Lună.[26] Cea mai recentă opinie, susţinută de arheologul Mike Parker Pearson, de la Universitatea din Sheffield, este că Stonehenge a fost un loc pentru ritualuri desfăşurate mai curând la solstiţiul de iarnă decât la cel de vară, aşa cum se credea înainte.

În schimb, nu există dubii cu privire la modul în care a fost proiectat mai vechiul mormânt cu pasaj din Newgrange, Irlanda, datat cu C-14 pe la 3200 î.Hr. În ziua solstiţiului de iarnă, la scurt timp după răsărit, lumina soarelui pătrunde printr-o fantă tăiată în piatra

de deasupra intrării mormântului şi trasează o rază subţire pe podeaua culoarului lung de 18 m, pentru a ajunge la marginea pietrei bazin din capătul camerei, în care erau probabil păstrate rămăşiţele incinerate. În decurs de câteva minute raza se lărgeşte într-un fascicul de 17 cm, scăldând piatra bazin împreună cu spiralele şi celelalte ornamente săpate în piatră ce decorează camera mormântului, camerele alăturate şi tavanul curbat, într-un glob strălucitor, după care se îngustează şi lasă din nou mormântul în întuneric.[27]

Câteva dintre „cercurile“ megalitice europene, inclusiv inelul interior al pietrelor verticale de la Stonehenge, sunt de fapt ovoidale, sugerând cel puţin o cunoaştere practică a teoremei lui Pitagora.

Pg.553

Pentru a număra cantităţi mari, sumerienii au inventat un sistem în bază 60, sau sexazecimal, pe care-l folosim şi astăzi pentru a împărţi minutul în 60 de secunde şi ora în 60 de minute, ziua în 24 de ore, cercul în 360 de grade de arc, un picior în 12 inci şi aşa mai departe. Succesorii lor, babilonienii, au adoptat acest sistem şi au dezvoltat aritmetica, algebra, trigonometria şi geometria pentru nevoile practice ale negoţului, topografiei, proiectării de clădiri şi parcelării terenurilor agricole. Mii de tăbliţe de lut recuperate din perioada babiloniană veche (2000-1600 î.Hr.) arată rezolvări ale unor ecuaţii liniare şi de gradul doi şi construcţii geometrice; de asemenea, cuprind table ale înmulţirii, table ale ridicării la pătrat, ale radicalilor şi reciprocelor. Babilonienii cunoşteau probabil teorema care în Occident îi este atribuită lui Pitagora. Tableta Plimpton 322, datând de la 1700 î.Hr., cu mai mult de o mie de ani înainte de naşterea lui Pitagora, exprimă valorile pătratului ipotenuzei unui triunghi dreptunghic ca sumă a pătratelor celor două catete

$$(a^2 + b^2 = c^2).$$

Cam din secolul al XII-lea î.Hr., babilonienii au început să-şi organizeze primele observaţii despre cer şi divinităţi într-o serie de tăbliţe cuneiforme cunoscute sub numele de *Enuma Anu Enlil*, care se refereau la zeul cerului şi regele zeilor, Anu, şi la zeul aerului, Enlil. De asemenea, au creat cataloage stelare, precum *Mul.Apin*, care conţine descrieri ale Soarelui, Lunii, constelaţiilor, stelelor şi planetelor asociate cu zeităţile lor. Ţinta lor era astrologia: prezicerea evenimentelor cereşti precum eclipsele şi mişcarea planetelor pe cer, pe care le interpretau drept semne ale intenţiilor zeilor.

Cataloagele lor stelare au fost mai târziu adoptate şi dezvoltate de greci şi apoi de romani, oferind astronomiei moderne drept moştenire denumirile planetelor după zeii romani - Mercur, Venus, Marte, Jupiter, Saturn, Uranus şi Neptun - şi nume latine, echivalente celor babiloniene, pentru constelaţii, precum Taurus, care marchează echinocţiul de primăvară, Leo, care marchează solstiţiul de vară,

Scorpius, care marchează echinocţiul de toamnă, şi Capricornus, care marchează solstiţiul de iarnă.[28]

Excavaţiile de la Harappa, Mohenjo-daro şi alte situri ale civilizaţiei Văii Indului (datând probabil din perioada 3300-1700 d.Hr., vezi mai sus) au descoperit folosirea matematicii pentru scopuri practice şi religioase. De exemplu, harappanii aveau un sistem de cântărire şi măsurători bazate pe serii zecimale.

Sulba Sutras, instrucţiunile pentru construirea altarelor cu focuri pe placul zeităţilor vedice din India, arată cum se face un pătrat cu aria egală cu a unui dreptunghi dat, ceea ce implică folosirea teoremei lui Pitagora, cum se face un pătrat cu aria egală cu a unui cerc dat, ceea ce implică fracţii care dau valoarea aproximativă a lui π (unde calculăm πr^2 ca arie a cercului cu raza r), şi adunarea fracţiilor, care dă o valoare remarcabil de precisă a rădăcinii pătrate a lui *2*.[29]

Pg.554

Mulţi oameni de ştiinţă occidentali consideră că acestea au fost transmise din Babilon înainte de a ajunge în India, o mie de ani mai târziu. Totuşi, Subhash Kak, în prezent Profesor Regents de ştiinţe computaţionale la Universitatea de Stat din Oklahoma, susţine că arheoastronomia - analiza computerizată care indică poziţia constelaţiilor văzute din diferite puncte de pe Pământ în diferite momente din trecut - corelată cu rămăşiţele arheologice şi cu textele sanscrite arată că Sulba Sutras au aceeaşi vârstă cu calculele babiloniene. El susţine, de asemenea, că Vedanga Jyotisa, un manual vedic de astronomie, datează de pe la 1300 î.Hr.[30]

O inscripţie pe un os oracular găsit în Yin, capitala de la sfârşitul dinastiei Shang, din nordul Chinei, consemnează o eclipsă lunară în ziua a cincisprezecea a lunii a douăsprezecea a anului douăzeci şi nouă al domniei regelui Wu-Ding, care corespunde datei de 23 noiembrie 1311 î.Hr.[31] Pentru fiecare dinastie astrologii Chinei antice au pregătit calendare în care consemnau evenimente cereşti, fazele Lunii şi ale anului solar, pentru a planifica sezoanele agricole şi a face predicţii.

Înregistrări detaliate ale observaţiilor astronomice au fost făcute în epoca Statelor Combatante (aproximativ 475-221 î.Hr.), printre care se numără cataloage stelare atribuite astronomilor/astrologilor Shi Shen şi Gan De. Cele mai multe s-au pierdut, dar copii ale lor au fost incluse în Tratatul despre astrologie al erei Kaiyuan, compilat între 714 şi 724 d.Hr. Hărţile stelare şi listele de evenimente astronomice cum sunt eclipsele, cometele şi novele s-au răspândit începând cu perioada Han (206 î.Hr.-220 d.Hr.).[32]

Preocuparea populaţiei maya pentru prezicerea ciclurilor naturale de care credeau că depinde supravieţuirea lor a condus la calcularea anului solar, cel mai probabil la Copan, cândva între 300 î.Hr. şi 900

d.Hr., cu un număr de 365,2420 de zile, mai precis decât cel al calendarului gregorian folosit astăzi în Occident. Ei foloseau trei calendare: unul civil, numit Haab, de 365 de zile, unul sacru, numit Tzolkin, de 260 de zile (care este perioada dintre două treceri la zenit ale soarelui la Copan), şi un calendar lung, în care numărul de zile era calculat ca cel mai mic multiplu comun al primelor două (cel mai mic multiplu comun al numerelor 365 şi 260 dă un număr de zile echivalent cu aproximativ 52 de ani).[33]

Preoţii-astronomi foloseau aceste calendare pentru a determina momentele propice pentru semănături şi pentru ritualuri. Pentru a face astfel de calcule şi predicţii pe termen lung, populaţiile maya au conceput un sistem sofisticat de numărare în bază 20 (sistemul actual european este în bază 10 sau zecimal) care folosea conceptul de zero, pe care nici grecii, nici romanii nu-l inventaseră pentru sistemele lor de numărare.

Codicele care au rezistat arată că maya aveau cataloage de stele şi tabele, între altele tabele pentru prezicerea eclipselor, a apariţiei lui Venus ca Luceafărul de dimineaţă (semn de bun augur pentru plecarea la război) şi a mişcării retrograde a lui Marte.[34]

Dezvoltarea credinţelor şi religiilor

În capitolul 2 am rezumat cele nouă teme principale prezente în miturile creaţiei la diferite popoare în această fază a gândirii primitive şi am sugerat că majoritatea se explică cel mai bine prin lipsa de înţelegere a fenomenelor naturale şi prin nevoile politice şi culturale. Aceste concluzii sunt întărite de ceea ce cunoaştem despre dezvoltarea altor credinţe şi religii care au apărut în diverse regiuni şi în diverse momente din această fază.

Pe vremea picturilor rupestre şi a figurinelor datând de aproximativ 35.000 de ani în Europa, descrise în capitolul 26, aceste credinţe implicau cel mai probabil animismul, şamanismul, totemismul şi venerarea strămoşilor. După ce oamenii au adoptat o viaţă sedentară, aceste credinţe au evoluat. După cum satele agricole au evoluat în oraşe cu ierarhii sociale şi mai departe, uneori, în imperii, spiritele au evoluat într-un panteon al zeităţilor reflectând nevoile şi ierarhiile oraşelor: zeiţa fertilităţii şi-a pierdut treptat poziţia dominantă în favoarea unui zeu al cerului a cărui putere de a elibera ropote de tunete şi fulgere reflectă puterea regelui-războinic care apăra oraşul şi extindea terenul agricol.

În Europa, începând de pe la 3200 î.Hr., alinierea megaliţilor în concordanţă cu evenimente cereşti precum solstiţiile, împreună cu urme ale incinerărilor sau înmormântărilor rituale, bunurile din morminte şi însemnele artistice precum spiralele elaborate care apar

în multe morminte neolitice, indică credinţa în existenţa unei vieţi de după moarte şi existenţa unor fiinţe supranaturale precum zeii. Felul în care e construit mormântul Newgrange, de exemplu, sugerează credinţa în comuniunea dintre spiritul unui conducător incinerat şi zeul Soare. Astfel de credinţe sunt explicite în literatura funerară a Egiptului antic.

Cele mai timpurii texte, cunoscute sub numele de Textele Piramidelor, datează din 2400-2300 î.Hr. şi au fost gravate pe pereţii piramidelor şi pe sarcofagele regilor Vechiului Regat al Egiptului; ele includ vrăji şi incantaţii care asigurau trecerea în siguranţă a regelui la viaţa de după moarte, unde Ra, zeul Soare, stăpâneşte cerurile, fiind adesea numit creatorul şi tatăl tuturor lucrurilor.

Aceste texte s-au dezvoltat în Textele Sarcofagelor din timpul Regatului de Mijloc (circa 2000 î.Hr.), prezente în mormintele oamenilor înstăriţi şi ale regilor, şi apoi în textele scrise pe papirusuri şi plasate în interiorul sarcofagului ce conţinea mumia, datând din timpul celei de-a optsprezecea dinastii (1580-1350 î.Hr.), care cuprindeau extrase din Textele Piramidelor şi ale Sarcofagelor şi care astăzi sunt cunoscute drept *Cartea morţilor*.

Pg.556

Amenhotep IV, care a devenit rege cândva între 1370 şi 1358 î.Hr., a fost iniţiatorul monoteismului, în cel de-al cincilea an al domniei sale, respingând drept o superstiţie panteonul zeilor tradiţionali care reprezentau forţele naturii şi erau întruchipaţi ca fiinţe jumătate umane, jumătate animale sau păsări. Zeul suprem pe atunci era Amun-Ra, zeul capitalei, Teba, Amun, care a devenit conducătorul zeilor şi a fost identificat cu zeul Soare, Ra, după ce regele Tebei l-a învins pe ultimul rege Hyksos al Egiptului şi a fondat cea de-a optsprezecea dinastie. Amenhotep IV a decretat că există un singur zeu, zeul Soare, sursa supremă a luminii şi a vieţii, care a fost portretizat de atunci încolo numai ca discul soarelui, Aton, şi că el era fiul lui Aton, motiv pentru care trebuia să fie cunoscut de atunci încolo drept Akhenaton. Pentru a dejuca opoziţia preoţilor puternici şi înstăriţi ai lui Amun-Ra, Akhenaton a mutat capitala de la Teba la jumătatea distanţei dintre Teba, aflată pe Nilul superior, şi Memphis, aflat pe Nilul inferior, unde a construit un oraş nou dedicat numai lui Aton.

Monoteismul nu a supravieţuit morţii lui, aşa cum nu a supravieţuit nici oraşul său. Preoţii lui Amun-Ra şi-au luat revanşa declarându-l pe Akhenaton eretic şi încercând apoi să îndepărteze toate urmele existenţei sale. Egiptenii s-au reîntors la un panteon în care zeul protector al oraşului celui care a câştigat tronul a fost ridicat la rang de zeu al cerului.[35]

Un model asemănător apare şi atunci când un oraş-stat cucereşte un altul şi se dezvoltă într-un imperiu. Adesea, cuceritorii asimilează

zeii populaţiei învinse, dar îşi ridică zeul local la rangul de zeu suprem, pe care îl identifică cu zeul cerului şi care este în acelaşi timp zeul războiului. Venerarea zeului cerului drept protectorul lor suprem şi conducător al celorlalţi zei era un obicei comun în multe societăţi; astfel de zei sunt Indra în India, Zeus în Grecia, Jupiter al romanilor, Thor al nordicilor şi mulţi alţii.

Cele mai vechi texte religioase din lume sunt *Vedele* din India, probabil compilate de-a lungul a peste 2000 de ani, începând de pe la 4000 î.Hr220. Prima parte a textelor, cunoscută drept *karma-kanda*, conţine imnuri şi comentarii despre ritualuri care-i descriu pe deva - zei şi zeiţe - drept puteri elementale, conduse de Indra şi incluzându-i pe Agni, zeul focului, Usha, zeiţa răsăritului, Surya, zeul soarelui, şi Soma, zeul băuturii ameţitoare (probabil halucinogenă, consumată de preoţi pentru a obţine viziuni).[36]

Unele şcoli vedice de astăzi acordă o semnificaţie ocultă imnurilor, spunând, de exemplu, că Indra reprezintă de fapt organele de simţ şi de acţiune ale omului. Astfel de afirmaţii nu sunt convingătoare; nu există dovezi că imnurile erau menite, la acea vreme, să fie mai mult decât sunt. Observaţia nu este valabilă şi pentru *Upanişade,* care conţin viziuni ale înţelepţilor anexate de obicei *Vedelor*. Multe sunt explicit alegorice şi le voi analiza într-un capitol viitor.

Pg.557

În China, 60% dintre oasele oraculare găsite datează din perioada domniei lui Wu-ding (circa 1250-1192 î.Hr.). Panteonul pentru care făcea sacrificii Wu-ding era dominat de strămoşii săi direcţi şi de unele dintre consoartele lor, cărora li se adăugau zei ai naturii precum zeii Râului şi Muntelui. Cel mai important zeu era Di (domn), care, ca şi regele, deţinea puterea supremă; el putea să determine rezultatul războiului, vremea, recoltele şi soarta oraşului capitală. Deşi prinţii aveau dreptul să interpreteze oasele oraculare, numai regele putea să comunice cu Di.

Dimensiunile şi dispunerea mormintelor regale, bogăţia podoabelor lor, incluzând urme ale numeroaselor sacrificii umane, sugerează că regele făcea legătura între oameni şi lumea zeilor şi că mormintele erau locuri de cult. John Lagerwey, de la Universitatea Chineză din Hong Kong, şi Marc Kalinowski, de la Ecole Pratique des Hautes Etudes, din Paris, susţin că venerarea strămoşilor regali, cu toate miturile şi ritualurile aferente, era folosită pentru a legitima puterea regelui dinastic şi pentru a controla comportamentul maselor.[37]

Încă mai întâlnim astfel de practici. În 2012, conducătorii militari ai aşa-numitei republici comuniste Coreea de Nord au organizat trei zile de ritualuri publice pentru a marca succesiunea lui Kim Jong-un, Marele Succesor, după moartea tatălui său, Kim Jong-il, Iubitul

Conducător, despre care se spune că s-a născut pe un munte sacru. La rândul său, acesta i-a urmat tatălui său, Kim Ir-sen, care a condus timp de 46 de ani, după ce a fost instalat de Uniunea Sovietică drept premier, iar apoi a câştigat puterea absolută ca Preşedinte Etern şi Mare Conducător. Mormântul corpului său mumificat a fost centrul unuia dintre aceste ritualuri publice.

Un cult al strămoşilor persistă la multe populaţii maya de astăzi. Cât despre vechii maya, credinţele lor, cunoscute din construcţiile care au rezistat, gravuri, cărţi şi codice, precum şi din povestiri ale cuceritorilor spanioli, variază în funcţie de loc, timp şi dialecte, care dau denumiri diferite aceloraşi lucruri. Ele arată că fiecare fenomen natural de care a depins supravieţuirea lor are un spirit care a evoluat într-o zeitate (zeu sau zeiţă) de o importanţă variind de la un loc la altul.

După ce cuceritorii spanioli i-au forţat să accepte catolicismul, mulţi maya au identificat zeii lor cu îngerii şi sfinţii catolici, iar zilele de sărbătoare catolice de astăzi au o formă distinctă la aceste populaţii. În Ziua Tuturor Sfinţilor şi la comemorarea morţii unui strămoş există obiceiul de a lăsa mâncare şi băutură pe un altar din casă, dedicat unui sfânt catolic, sau la mormântul strămoşului, pentru ca spiritul care se întoarce să se hrănească.[38]

După cum am menţionat în capitolul 2, monoteismul a reapărut cam la 700 de ani după Akhenaton, atunci când Iosia, regele iudeilor, a vrut să legitimeze şi să sanctifice unirea regatului Iuda cu regatul învins al Israelului, sub conducerea sa unică şi absolută221.

Pg.558

Ca şi contemporanii lor, diferitele triburi de evrei venerau mulţi zei, cum ar fi Aşera, Baal, Anat, El şi Dagon. Biblia lor a fost scrisă după ce religia oficială a devenit un monoteism care reflecta puterea unui conducător patriarhal care-şi apăra poporul, dar care se răzbuna dacă legile sale nu erau respectate. Este instructiv să vedem ce relaţie avea cu ceilalţi zei. În unele cărţi, precum în A Doua Carte a Regilor, cultul lor este condamnat şi pedepsit de Domnul Dumnezeu.[39] În altele, Dumnezeul lor este descris ca fiind superior celorlalţi zei, precum în Exod, când Aaron şi Moise îi cer regelui Egiptului să le elibereze poporul din robie pentru că aşa vrea Dumnezeu. Din porunca lui Dumnezeu, Aaron îşi aruncă toiagul la pământ, iar acesta se transformă într-un şarpe. Magii regelui îşi aruncă şi ei toiegele la pământ şi acestea se transformă de asemenea în şerpi. Totuşi, şarpele lui Aaron îi devorează pe ceilalţi, dovedind că Zeul său este mai puternic. După ce regele continuă să refuze să-i elibereze pe israeliţi, Zeul lor câştigă alte câteva întreceri magice cu preoţii egipteni, după care aduce mai multe plăgi asupra Egiptului şi moartea primului născut al egiptenilor.[40]

În unele cărţi, ceilalţi zei sunt subsumaţi unui Dumnezeu unic. Iezechiel are o viziune a acestui Dumnezeu care strălucea ca alama în mijlocul flăcărilor şi avea patru feţe: una de leu, una de taur, una de vultur şi una de om (leul era simbolul totemic al zeului tribului Iuda, taurul era zeul triburilor din nord, iar vulturul, al tribului Dan).[41]

Alte cărţi retrogradează zeii la o curte cerească de îngeri care îl înconjoară pe Domnul şi îi aduc slavă. Isaia îi descrie ca pe nişte creaturi strălucitoare cu şase aripi.[42] Alţi îngeri poartă nume şi au sarcini specifice, precum Gabriel, mesagerul care-i explică profetului Daniel semnificaţia visului său[43], Mihail, îngerul păzitor al Israelului, care ajută un alt înger să lupte cu îngerul păzitor al Persiei[44], şi Satan, care pune la îndoială poruncile Domnului.[45]

CONCLUZII

1. În majoritatea timpului de când au evoluat complet din hominini, cu aproximativ 25.000 de ani în urmă, oamenii moderni au dus o viaţă de vânători-culegători în grupuri mici de familii extinse, în care competiţia pentru supravieţuire cu alte astfel de grupuri şi cu prădătorii a dus la o rată crescută a mortalităţii.

2. Primele licăriri ale conştiinţei reflexive au evoluat lent până acum circa 10.000 de ani, când oamenii au inventat agricultura ca un mod mai eficient de a-şi asigura existenţa şi au înţeles beneficiile cooperării, stabilind comunităţi mai mari în sate agricole. Această dezvoltare s-a petrecut în locuri şi în momente diferite, iar în unele locuri nu s-a petrecut niciodată.
3. Odată cu apariţia mai multor oportunităţi de a reflecta şi a transmite ideile prin desen, vorbire, scriere, oamenii din aceste comunităţi ale satelor agricole au cooperat inventând tehnologii cu ajutorul cărora şi-au îmbunătăţit şi şi-au extins culturile şi de asemenea au cooperat cu alte aşezări pentru a face schimb de bunuri şi de idei, ceea ce a dus la creşterea dimensiunii şi complexităţii aşezărilor lor.
4. Deşi cooperarea începuse să evolueze, a avut de înfruntat instinctul de competiţie, fixat în istoria de milioane de ani a strămoşilor preumani, ceea ce a dus la lupte pentru controlul acestor aşezări şi al terenurilor lor agricole, precum şi al celorlalte resurse din interiorul şi din exteriorul aşezărilor. Au rezultat o centralizare şi o întărire a colaborării.
5. Pe măsură ce aceste aşezări s-au extins, s-a dezvoltat o ierarhie socială care reflecta diversele tipuri de abilităţi transmise de la părinţi la copii şi care era formată de obicei din conducător, preoţi, războinici, negustori şi meşteşugari, agricultori şi sclavi. S-

au dezvoltat apoi oraşe conduse autocratic, oraşe-state şi în final imperii care au înflorit şi au decăzut. Modelul general pe tot globul a fost acela al unei creşteri în dimensiuni, complexitate şi centralizare a societăţilor umane.

6. Evoluţia gândirii primitive a fost intim legată de evoluţia credinţelor superstiţioase care au apărut din imaginaţie combinată cu o lipsă a înţelegerii fenomenelor naturale şi cu frica de necunoscut. Pornind de la animism, totemism şi cultul strămoşilor, specifice vânătorilor-culegători, credinţele au dat naştere unor religii[222] organizate care reflectau creşterea în dimensiuni, complexitate, structură şi specializare a societăţilor umane. Acestea au evoluat de la venerarea unei zeiţe a fertilităţii la politeism şi la un panteon condus de un zeu puternic al cerului şi al războiului, ajungând în cele din urmă la un monoteism patriarhal în care ceilalţi zei au fost subsumaţi unui singur Zeu sau decăzuţi la statutul de îngeri.

7. Folosind conştiinţa reflexivă pentru a crea tehnologii de supravieţuire şi reproducere şi pentru a influenţa forţele supranaturale despre care se credea că determină aceşti factori, gândirea primitivă a pus bazele artei, muzicii, limbajului vorbit şi scris, matematicii şi astronomiei.

8. Cu toate că multe idei şi invenţii s-au răspândit şi s-au dezvoltat prin transmitere culturală, există cazuri evidente de evoluţie convergentă sau paralelă, demonstrate de evoluţia independentă a scrierii, astronomiei şi sistemelor de numărare.

Pg.560

9. Prima fază a evoluţiei umane, gândirea primitivă, a fost deci caracterizată de imperativele supravieţuirii şi reproducerii, de dominaţia instinctului competiţiei, adânc înrădăcinat, asupra cooperării, apărută recent, şi de superstiţii.

Figura 27.1 oferă o reprezentare simplificată a evoluţiei unora dintre principalele direcţii ale gândirii primitive în urma apariţiei conştiinţei reflexive. Nu este o diagramă obişnuită de tip arbore, precum arborele genealogic, cu relaţii bine stabilite, ci o imagine bidimensională a unui proces dinamic tetradimensional, ale cărui ramuri şi subramuri nu numai că se schimbă în timp - dezvoltându-se, ramificându-se sau ofilindu-se şi murind -, dar interacţionează cu alte ramuri pentru a se amesteca, a se transforma sau a genera o nouă ramură.

De exemplu, imaginaţia - abilitatea minţii de a forma imagini, senzaţii şi idei nemaivăzute sau trăite până atunci - nu numai că a dat naştere credinţelor superstiţioase, precum credinţa într-un spirit cu trup de om şi cap de leu, dar a interacţionat cu creativitatea pentru a

produce noi lucruri practice, precum roata, în timp ce creativitatea a dat naştere şi unor lucruri nepractice, precum arta abstractă.

Inventivitatea - abilitatea de a face lucruri noi - a rezultat, poate, din interacţiunea creativităţii şi imaginaţiei, dar ar fi putut fi şi rezultatul experimentării, precum încercarea şi eroarea în amestecarea cuprului şi staniului lichide în diferite proporţii pentru a produce un aliaj, bronzul, cu proprietăţi superioare, folosit în confecţionarea de unelte sau arme.

În figura 27.1 este cuprins şi instinctul, care s-a înrădăcinat în istoria de milioane de ani a strămoşilor noştri hominizi.

instinct Reacţie înnăscută şi impulsivă la stimuli determinată de obicei de necesităţi biologice cum ar fi supravieţuirea şi reproducerea.

Acesta nu a pierit odată cu apariţia conştiinţei reflexive, care l-a deosebit pe Homo sapiens de celelalte specii. Dimpotrivă, chiar şi astăzi instinctele rămân un factor important şi trebuie luate în seamă atunci când încercăm să înţelegem comportamentul uman.

Pg.561

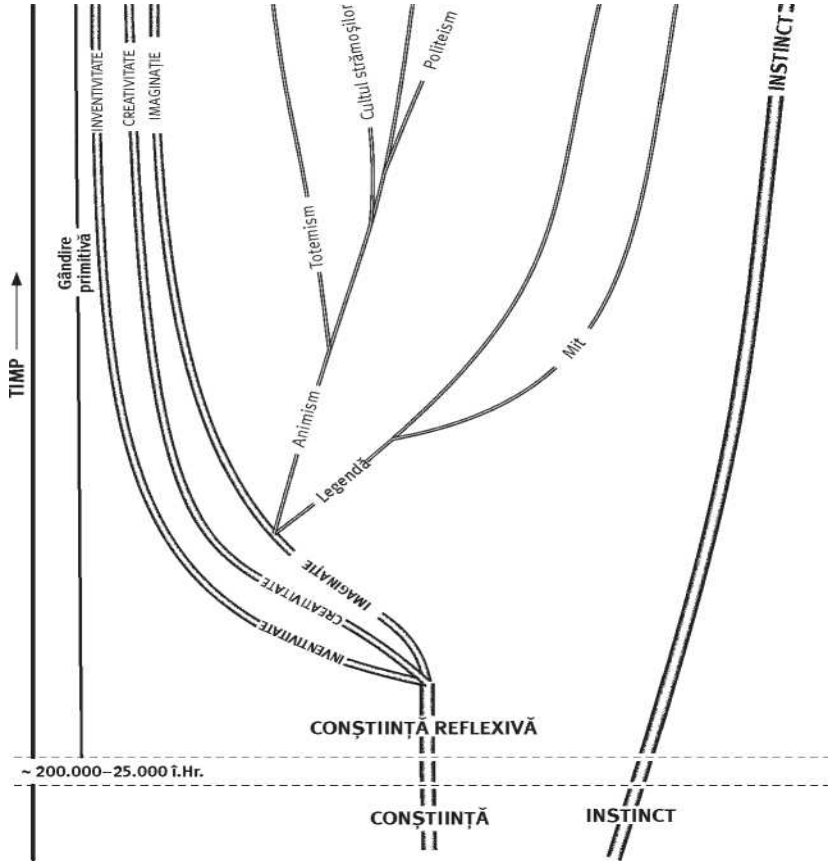


Figura 27.1 Evoluţia principalelor ramuri ale gândirii primitive. Spre deosebire de o diagramă obişnuită de tip arbore, cu relaţii fixe, aceasta este o imagine simplificată a unui proces tetradimensional dinamic şi interactiv. Nu este construită la scară, iar datele se bazează pe cele mai bune estimări.

CAPITOLUL 28
Evoluţia omului 2: gândirea filozofică

Există un singur lucru la care filozofii se pricep cu siguranţă, anume să-i contrazică pe alţi filozofi.
William James, 1904

Disputa este o dovadă că nu vezi limpede.
atribuită lui Zhuangzi, cca sec. al IV-lea î.Hr.

A doua fază a evoluţiei umane începe atunci când reflecţia despre sine şi despre relaţia sinelui cu restul universului se desprinde de

superstiţie şi devine filozofie.

În loc să adopt una dintre numeroasele definiţii ale filozofiei folosite în Occident, voi folosi, din nou, o definiţie care păstrează sensul originar al cuvântului.

> **filozofie** Iubirea de înţelepciune; gândirea despre realitatea fundamentală, esenţa şi cauzele lucrurilor, lumea naturală, comportamentul uman şi gândirea în sine.

O carte, şi cu atât mai puţin un capitol, nu poate acoperi evoluţia întregii gândiri filozofice. Mă voi concentra pe acele părţi relevante pentru răspunsul la întrebarea centrală a acestei investigaţii: ce suntem şi de unde am venit?

APARIŢIA GÂNDIRII FILOZOFICE

Bertrand Russell nu avea îndoieli cu privire la originea filozofiei.

> [Grecii] au inventat matematica şi ştiinţa filozofiei. [...] Filozofia începe cu Thales, despre care, din fericire, ştim exact când a trăit, deoarece a prezis o eclipsă care, conform astronomilor, a avut loc în anul 585 î.Hr. Filozofia şi ştiinţa - care iniţial nu erau separate - s-au născut împreună, la începutul secolului al Vl-lea.[1]

După cum am arătat în capitolul 27, Russell s-a înşelat în legătură cu originea matematicii şi astronomiei. Faptul că s-au dezvoltat în scopuri practice sau pentru a susţine credinţele superstiţioase precum astrologia nu face mai puţin importantă existenţa lor cu mai mult de o mie de ani înaintea grecului Thales.

Pg.563

Dacă Thales a prezis într-adevăr o eclipsă de soare - ceea ce este foarte îndoielnic -, probabil că s-a folosit de hărţile cereşti babiloniene, dacă nu chiar de predicţiile babiloniene, aşa cum voi arăta mai târziu. Totuşi, perspectiva lui Russell asupra originilor filozofiei persistă şi astăzi în Occident.

Având în vedere că Russell scria *O istorie a filozofiei occidentale*, probabil că poate fi scuzat. Pe coperta ediţiei mele din *The Oxford Companion to Philosophy* se spune că: „Acoperă întreaga istorie a filozofiei, din toată lumea.“ Totuşi, din cele 1922 de intrări, 22 (adică 1%) se referă la India, 10 (0,5%) la China şi 10 (0,5%) la Japonia, adică numai aproximativ 2% sunt dedicate principalelor centre filozofice ne-europene.

Se mai spune, tot acolo, că:

> Primii trei filozofi universal recunoscuţi - Thales, Anaximandru şi Anaximene - veneau din Milet, un oraş grecesc prosper.[2]

Pentru a descoperi când, unde şi cum a apărut gândirea filozofică, trebuie să abandonăm eurocentrismul.

India[3]

Cele mai vechi exemple cunoscute de gândire filozofică sunt cuprinse în *Upanisadele* din India antică, despre care filozoful german Arthur Schopenhauer spunea că „din fiecare frază răsar gânduri profunde, originale şi sublime“[4].

Ele erau de obicei ataşate la sfârşitul *Vedelor*, imnuri către zei şi ritualuri asociate, descrise în capitolul 27. Consemnează viziunile înţelepţilor, iar scopul lor, după spusele lui Eknath Easwaran, un traducător modern, este acela:

> de a descoperi cu certitudine cine suntem, ce este universul şi care este însemnătatea scurtei drame a vieţii şi morţii pe care o jucăm pe fundalul eternităţii[5],

ceea ce are o relevanţă directă pentru întrebarea prezentei investigaţii.

S-au scris în continuare *Upanişade*, dar cele mai vechi, în special cele zece comentate de filozoful şi învăţătorul Adi Shankara (cca 788-820 d.Hr.), sunt în general considerate cele mai importante. Deşi fiecare dintre ele este diferită, toate au în comun două viziuni fundamentale: *sarvam idam brahma* (totul este Brahman) şi *ayam atma brahma* (Sinele - notat cu litera S mare pentru a semnifica Sinele esenţial, diferit de sinele fenomenologic sau de personalitatea individuală - este Brahman). Această identitate - răspunsul *Upanisadelor* la întrebarea autoreflexivă crucială *ce sunt eu?*- este exprimată succint prin *tat tvam asi* (Tu eşti Acela, unde Tu este conştiinţa pură „care face ochiul să vadă şi mintea să gândească“, adică Sinele, iar Acela este realitatea fundamentală, indescriptibilă, Brahman).

Pg.564

Upanişadele folosesc în mod variat metafora, comparaţia, alegoria, dialectica şi experimentul de gândire pentru a reda înţelesul, altminteri inefabil, al lui Brahman. Acesta poate fi exprimat drept Conştiinţa Cosmică, din care izvorăsc toate lucrurile şi din care sunt alcătuite toate lucrurile; este transcendent, existând fără de formă, dincolo de spaţiu şi timp şi, totodată, imanent în fenomenele percepute de cele cinci simţuri fizice şi de mintea noastră, instrumentul nostru principal de percepţie.

Conform *Upanişadelor,* antrenându-ne mintea, prin meditaţie disciplinată, să se concentreze pe obiectul interior al contemplaţiei până când acesta este absorbit de ea putem să dobândim înţelegerea acestei realităţi fundamentale.

Spre deosebire de mărturiile despre filozofii greci din Antichitate, despre *Upanişade* există mărturii directe. Estimarea vechimii acestor texte sanscrite variază totuşi. Pe baza formei lor literare, Michael Nagler, profesor emerit de literatură clasică şi comparativă la

Universitatea din California, Berkeley, apreciază că nu au fost scrise înainte de 600-400 î.Hr., dar menţionează că tradiţia orală pe care se sprijină *Upanişadele* este mult mai veche decât forma lor scrisă.[6] Jitendra Nath Mohanty, profesor emerit de filozofie la Universitatea Temple, estimează că textele datează din perioada 1000-500 î.Hr.[7], în timp ce Arindam Chakrabarti, profesor de filozofie la Universitatea din Hawaii, spune că ele au fost compilate între anii 1000 şi 900 î.Hr.[8] David Frawley, co-director al Institutului de Studii Vedice din SUA, este de acord cu cercetătorii indieni care susţin că sanscrita s-a dezvoltat din una sau mai multe limbi indigene mai degrabă decât să fi fost importată de arieni, care au invadat din nord; el datează textele în perioada 2000-1500 î.Hr.[9]

D.S. Sarma, autorul unei antologii a *Upanişadelor*, spune că înţelepţii care dădeau învăţături în *ashram*-urile din păduri

> îşi asumau măreaţa misiune de a transforma un tip relativ inferior de religie sacrificială, dominantă la vremea aceea, într-o mare religie mistică, adevărată pentru toate timpurile.[10]

Acest fapt ilustrează un tipar general. Emergenţa este un proces gradual, şi cea mai veche gândire filozofică se întrepătrunde inevitabil cu rădăcinile superstiţiei din care s-a ramificat.

China[11]

Gândirea filozofică a apărut în China cam în secolul al Vl-lea î.Hr., în timpul dezintegrării imperiului Zhou de Răsărit, şi a înflorit, în mare parte, ca răspuns la haosul şi violenţa din perioada Statelor Combatante.

Pg.565

Toţi filozofii chinezi antici credeau în Tian şi îi aduceau sacrificii; Tian e tradus prin Cer, Paradis sau Natură. Totuşi, ei îşi foloseau mai mult raţiunea şi intuiţia, nu o pretinsă revelaţie divină, pentru a ajunge la ideile lor etice (care le includeau şi pe cele politice) şi metafizice. În acest sens, au început să se îndepărteze de gândirea primitivă a culturii lor.

Cei mai mulţi dădeau învăţături despre Dao - Calea sau Drumul de urmat -, dar înţelegeau şi interpretau acest Dao în mod diferit. Istoricii dinastiei Han din perioada ei târzie au clasificat numeroasele şcoli filozofice în diverse tradiţii. Cele trei tradiţii principale sunt confucianismul, mohismul şi daoismul.

Prima îşi trage numele de la Confucius, numele latinizat al lui K'ung Fu-tzu, care înseamnă Maestru K'ung. Tradiţia spune că s-a născut în jurul anului 551 î.Hr. şi a fost ministru la curtea ducelui din Lu, un stat din imperiul Zhou de Răsărit. Ideile care i se atribuie sunt cuprinse în *Analecte*, o scurtă colecţie de dialoguri cu discipolii săi, compilată, se pare, într-o perioadă de treizeci-patruzeci de ani, de

primele două generaţii de discipoli. Alte direcţii ale confucianismului s-au dezvoltat mai ales în Cartea lui Mencius, latinizarea numelui lui Meng-tzu (371-289 î.Hr.), discipol al nepotului lui Confucius, care a fost mai târziu recunoscut drept adevăratul transmiţător al filozofiei confucianiste.

Pentru confucianism, calea pentru reinstaurarea stabilităţii sociale şi guvernării drepte era reprezentată de valorile tradiţionale. Are în centru etica, în special relaţia dintre conducător şi supuşi, dintre părinte şi copii, dintre fratele mai mare şi fratele mai mic, dintre soţ şi soţie, dintre prieteni. Aceste cinci tipuri de relaţii trebuie să se bazeze pe reciprocitate. „Să nu faci altora ceea ce nu doreşti să ţi se facă ţie“[12], o versiune a ceea ce va fi cunoscut mai târziu drept regula de aur, pentru care au pledat mulţi gânditori ai lumii antice. Această recomandare etică trebuie cultivată prin respectarea etichetei şi ritualului.

Mohismul, şcoala care a urmat gândirea lui Mozi (cca 490-403 î.Hr.), se opune folosirii valorilor tradiţionale precum Dao, deoarece ele s-au schimbat şi nu mai sunt de încredere. Valorile etice sunt constante ale lui Tian, Natura, care manifestă o grijă imparţială pentru toţi. Abordarea lui Mozi în determinarea Căii etice era una pragmatică. El susţinea că orice acţiune trebuie măsurată pentru a stabili câte beneficii şi câte daune provoacă. Printre concluziile sale se numără împotrivirea faţă de agresiunea militară şi rănirea altora şi susţinerea unui stat guvernat de un suveran mărinimos şi administrat de o meritocraţie. Ideile mohiste au stimulat gândirea altora, precum Mencius, iar multe dintre ele au fost absorbite în confucianism.

Primii gânditori daoişti, ca şi înţelepţii din *Upanişade*, s-au concentrat, dimpotrivă, pe realitatea fundamentală, ceea ce se reflectă în sfaturile lor cu privire la comportamentul uman.

Pg.566

Primul şi cel mai important text daoist este *Laozi*, sau Bătrânul Maestru, după legendarul său autor, despre care se spune că era un contemporan mai în vârstă al lui Confucius. În Europa, colecţia de aforisme este cunoscută sub titlul *Cartea despre Dao şi putere*. A doua carte de căpătâi, mai lungă decât prima, este tratatul *Zhuangzi*, numit astfel după autorul său, despre care se spune că ar fi trăit la aproximativ două sute de ani după Laozi. Cercetătorii moderni sugerează că *Laozi* şi *Zhuangzi* sunt probabil colecţii de idei compilate de diverşi autori din diverse timpuri; era o practică frecventă în culturile antice ca discipolii unui învăţător să-i atribuie fondatorului şcolii vederile lor.

În aceste texte, Dao este Calea prin care au apărut toate lucrurile din univers şi care susţine totul. Este realitatea fundamentală, inefabilă, la fel ca Brahman, dar se manifestă prin felul în care

funcţionează lumea naturală. Această calitate dinamică demonstrează fluxul continuu şi schimbul, într-un ciclu fără de sfârşit, dintre două forţe opuse care constituie un întreg, simbolizate prin *yin* cel întunecat şi *yang* cel strălucitor în diagrama chineză antică a Realităţii Fundamentale (vezi figura 28.1).

Avându-şi originea, cel mai probabil, în tiparele ciclice din natură, precum ziua şi noaptea, *yin* şi *yang* dau naştere tuturor celorlalte opoziţii pe care le percepem: iarnă şi vară, femelă şi mascul, Pământul - întunecat, receptiv, feminin - dedesubt şi Cerul - strălucitor, puternic, masculin - deasupra etc.

Figura 28.1 Realitatea fundamentală, simbolizată prin întunecatul *yin* şi strălucitorul *yang* O simetrie prin rotaţie, dinamică, în care fiecare din cele două puncte indică faptul că o forţă conţine în sine sămânţa forţei opuse; când o forţă atinge extrema, sămânţa forţei opuse creşte în timp ce ea însăşi descreşte, până când forţa opusă atinge extrema şi aşa mai departe, la nesfârşit

Pentru a atinge starea ideală de existenţă, ar trebui să ne armonizăm viaţa cu Dao. Urmarea acestei Căi sau legi universale este similară cu Dharma din hinduism şi budism, despre care voi vorbi mai târziu.

Aceste prime idei daoiste au izvorât din intuiţie. *Zhuangzi* respinge explicit raţionamentul:

> Cea mai largă cunoaştere nu o cunoaşte neapărat; judecata nu-i va face pe oameni s-o înţeleagă mai bine. Înţelepţii au hotărât împotriva acestor două metode.[13]

Europa[14]

În Europa gândirea filozofică a început în secolul al Vl-lea î.Hr. cu

grecii antici. Voi reconstitui apariţia sa urmând convenţia arbitrară de a-i lua în considerare pe gânditorii dinaintea lui Socrate, care şi-a lăsat amprenta un secol mai târziu. Locul unde a început totul este Ionia, o fâşie îngustă din ceea ce este astăzi coasta de vest a Turciei, care fusese colonizată de greci.

Cât despre motivul pentru care acesta este locul unde a început totul, nu putem decât specula. Cea mai plauzibilă explicaţie este că Miletul era un port maritim al Ioniei, unul dintre cele mai prospere oraşe din acele vremuri, care avea schimburi intense de mărfuri şi legături culturale cu Egiptul, Babilonul şi alte regiuni din Orient. Cel mai probabil matematicile şi astronomia din Egipt şi Babilon au ajuns în Milet şi de acolo în restul Ioniei, ca un produs secundar al comerţului. Acestea i-au stimulat pe ionieni, aflaţi la distanţă de tradiţia religioasă a Greciei continentale, să-şi dezvolte propriile idei.

Russell nu aduce dovezi în sprijinul afirmaţiei că primul filozof a fost Thales din Milet. Acest lucru nu este surprinzător. Nu a supravieţuit nimic din ce e posibil să fi scris Thales. Trebuie să-i dăm crezare lui Aristotel, care două secole mai târziu spune că Thales, Anaximandru şi Anaximene din Milet au fost primii physici, care au dat explicaţii naturale lumii, distincte de cele date de theologi, care credeau că totul se datorează acţiunii zeilor impetuoşi. Se pare totuşi că Aristotel nu avea scrieri pe care să-şi bazeze afirmaţiile că Thales ar fi fost fondatorul filozofiei naturale.

După spusele sale, Thales ar fi afirmat că totul este făcut din apă şi că magneţii sunt vii (sau au un suflet, psyche, ceea ce înseamnă cam acelaşi lucru), deoarece fac fierul să se mişte. Surse de mai târziu, precum puţin credibilul Diogene Laertius, care a scris la 800 de ani după Thales, bazându-se pe surse secundare din care nu s-a păstrat nimic, îi atribuie lui Thales nu numai prima predicţie a unei eclipse solare, ci şi alte lucruri neplauzibile, dacă nu de-a dreptul greşite.

Pg.568

O parte dintr-o frază a lui Anaximandru a supravieţuit aproape o mie de ani, reluată de neoplatonicianul Simplicius, care-l citează pe Teofrast, principalul discipol al lui Aristotel şi cel care i-a urmat în 322 î.Hr. la conducerea Lyceum-ului din Atena. Anaximandru îşi exprima ideile în limbajul poetic al mitologiei greceşti. Ideea atribuită lui Anaximandru de către Simplicius şi alte surse terţiare este că arche sau elementul principal al universului nu este apa, cum credea Thales, ci *apeiron*, „ceea ce este nemărginit", ceea ce nu are calităţi observabile de sine stătătoare, dar dă naştere tuturor fenomenelor observabile.

Prima care apare este opoziţia dintre fierbinte şi rece, acestea fiind încleştate într-o luptă supravegheată de Timp, în care fiecare o invadează pe cealaltă şi astfel se revanşează pentru „nedreptatea" pe

care i-a pricinuit-o. A fost interpretată ca o luptă a contrariilor fundamentale într-un ciclu nesfârşit, în care principiul dominant cedează locul celuilalt, alternativ, generând toate celelalte contrarii, la fel ca *yin* şi *yang* din daoismul chinez.

Din lucrările celui de-al treilea filozof din Milet, Anaximene, nu s-a păstrat nimic. Şi aici trebuie să dăm crezare unor surse terţiare, în special lui Simplicius, care spun că pentru el *arche* sau elementul principal al universului nu era nici apa lui Thales, nici nemărginirea neobservabilă a lui Anaximan- dru, ci aerul, care susţine Pământul. Se pare că e vorba de aer în sensul de *psyche*, care înseamnă în acelaşi timp răsuflare şi suflet sau forţa dătătoare de viaţă, aşa cum am văzut mai devreme în miturile homerice. În forma sa cea mai rarefiată acesta este focul, în forma obişnuită este aerul pe care-l cunoaştem, dar, condensându-se tot mai mult, se transformă în vânt, nor, apă, pământ şi piatră. Mişcarea constantă determină aceste rarefieri şi condensări.

Patru secole mai târziu, Cicero susţinea că Pitagora (cca 570-500 î.Hr.) a fost primul care a folosit termenul de filozof (philosophos, iubitor al înţelepciunii) atunci când s-a prezentat lui Leon, conducătorul din Phlius. Pitagora era ionian, dar a fondat o şcoală în Crotona, o colonie grecească din sudul Italiei. Potrivit lui Russell

> Elementul mistic a intrat în filozofia greacă odată cu Pitagora, care a fost un reformator al orfismului aşa cum Orfeu a fost un reformator al religiei lui Dionysos. De la Pitagora elementele orfice au intrat în filozofia lui Platon şi de la Platon în orice filozofie care era într-o oarecare măsură religioasă.[15]

Dificultatea în discernerea adevărului de mit în cazul lui Pitagora constă în faptul că nu s-a păstrat nimic din scrierile lui, iar pitagoreicii, cult secret, ascetic, fondat sau inspirat de Pitagora, i-au atribuit lui toate ideile lor, inclusiv, foarte probabil, teorema geometrică ce-i poartă numele.

Pg.569

Pitagoreicii credeau că sufletul este etern şi se reîncarnează în toate formele de viaţă. Eliberarea din reîncarnare şi reunirea cu zeitatea din care au izvorât toate formele de viaţă pot fi obţinute printr-o viaţă de contemplaţie şi cercetare. Pitagoreicii au păstrat distincţia orfică între ceea ce poate fi învăţat despre lume cu ajutorul organelor de simţ şi cunoaşterea pură, obţinută de suflet, adică prin intuiţie. Cercetând geometria, muzica şi corpurile cereşti, se ajunge la revelarea principiilor divine care conduc universul, despre care pitagoreicii credeau că sunt exprimate prin numere şi prin relaţiile dintre ele, deşi nu există dovezi că ar fi făcut observaţii detaliate asupra stelelor sau că ar fi dedus matematic relaţiile dintre ele, aşa cum au făcut în legătură cu gamele muzicale.

Heraclit (cca 540-475 î.Hr.) s-a născut în Efes, unul dintre cele douăsprezece oraşe ale Ligii Ionice cucerite de perşi la mijlocul secolului al Vl-lea î.Hr. Cele aproximativ 130 de fragmente care s-au păstrat din lucrările sale cuprind aforismele enigmatice ale unui mistic care credea că ceea ce are el de spus depăşeşte limitele limbajului uman. Mijlocul său de a înţelege universul era introspecţia, iar intuiţiile sale seamănă mult cu cele ale misticilor orientali. Pentru el, universul este un tot care a existat dintotdeauna. Constă în contrarii percepute cu ajutorul simţurilor, care alternează şi se înfruntă mereu, dar aceste contrarii sunt într-un fel unul şi acelaşi lucru, deoarece toate lucrurile sunt unul, logos-ul sau principiul călăuzitor al universului. Acesta este echivalent cu Dao, care dă naştere alternanţei dintre *yin* şi *yang* şi dintre celelalte contrarii.

Fluxul lumii fenomenologice este determinat de *aeizoon pyr* (focul de-a pururi viu) care transformă. Acesta este asemănător cu *prana*, energia vitală despre care vorbesc *Upanişadele*, substratul esenţial al tuturor formelor de energie.

Parmenide, născut în jurul anului 510 î.Hr. în colonia grecească Elea, din sudul Italiei, şi discipolii săi au contrazis ideea schimbării constante. Din cele aproximativ 150 de versuri care s-au păstrat din poemul său Despre natură reiese că vorbea despre o realitate („ceea ce există“) care era una, nesfârşită, completă şi neschimbătoare. Nu există „ceea ce nu există“ (neantul). Ca atare, ceea ce există nu poate veni din ce nu există şi deci nu se pune problema creaţiei. Atâta vreme cât neantul nu există, pentru ca ceea ce există să se mute în neant, nu este posibilă mişcarea sau schimbarea. Ceea ce percepem drept schimbare este o iluzie creată de cele cinci simţuri ale noastre.

Această viziune a fost apărată de discipolul lui, Zenon, printr-o serie de paradoxuri provocatoare. De exemplu, la orice moment în timp după ce o fost trasă o săgeată în aer, aceasta este staţionară. Zborul ei este alcătuit dintr-o serie de momente staţionare. Deci săgeata este staţionară.

Din următoarea generaţie, Empedocle (cca 492-433 î.Hr.), care venea din Acragas, de pe coasta de sud a Siciliei, a fost, conform unor surse secundare şi terţiare, un personaj plin de culoare, care susţinea că a devenit divin după mai multe reîncarnări. Se pare că a spus că totul e făcut dintr-un amestec a patru elemente ireductibile - pământ, aer, foc şi apă - care se combină prin forţa iubirii dintre ele şi se separă prin forţa înfruntărilor dintre ele.

Anaxagoras (cca 500-428 î.Hr.) a adus tradiţia gânditorilor ionieni la Atena pe la anul 460 î.Hr. El a locuit acolo în jur de 30 de ani, fiind prieten al lui Pericle, după care a fost acuzat de impietate deoarece a negat că corpurile cereşti ar fi zei ce trebuie veneraţi. Stelele, spunea

el, sunt făcute din pietre strălucitoare. Refuza superstiţiile şi era vestit pentru că ar fi susţinut că o Minte universală (*nous*, care se mai poate traduce şi ca raţiune) a pus ordine în materia primordială nediferenţiată şi controlează toate procesele naturale.

Leucip este considerat fondatorul şcolii atomiste; în afară de asta ştim puţine lucruri despre el. Democrit (cca 460-370 î.Hr.) a dezvoltat ideea că în cosmos totul e alcătuit din diferite tipuri de entităţi ireductibile numite atomi. În greacă acest cuvânt înseamnă „ceea ce nu poate fi tăiat"; este un răspuns la paradoxurile lui Zenon, care depind de infinita divizibilitate.

Atomii se găsesc într-o mişcare haotică neîncetată în vid. În urma unor ciocniri întâmplătoare, atomii se unesc unii cu alţii şi produc astfel toate fenomenele - atât fizice, cât şi mentale - pe care le percepem. Dar unirea lor e doar temporară, în cele din urmă se descompune în atomi separaţi. După părerea lui, nu există loc pentru un zeu creator sau pentru un principiu călăuzitor al naturii sau pentru nemurirea sufletului; totul în cele din urmă se reduce la atomi, iar moartea este o anihilare totală. Într-un univers infinit lumea noastră este una dintre multele lumi posibile, una în care condiţiile sunt propice vieţii. Aceste idei prefigurează speculaţiile moderne despre multivers.

Pentru Democrit, ideea atomistă avea implicaţii etice şi medicale. Atomii din care e formată mintea (echivalentă cu sufletul) devin dezordonaţi şi agitaţi din cauza patimilor; prin urmare, fericirea unui individ ar fi rodul moderaţiei, calmului şi absenţei dorinţelor perturbatoare. De asemenea, această recomandare este considerată necesară pentru ca o civilizaţie să înflorească şi pentru prevenirea decăderii la barbarie. Şi sănătatea fizică depinde de echilibrul atomilor care alcătuiesc corpul.

Orientul Mijlociu[16]

Psihiatrul şi filozoful german Karl Jaspers (1883-1969) a inventat termenul „Epoca Axială" pentru a descrie perioada cuprinsă între anii 900 şi 200 î.Hr., în cursul căreia au apărut în mod independent revoluţii ale gândirii asemănătoare între ele în India, China, Grecia şi Orientul Mijlociu. Citând câţiva dintre gânditorii despre care am vorbit şi voi continua să vorbesc în secţiunea următoare legată de evoluţia filozofiei, Jaspers îi adaugă pe profeţii Ilie, Isaia, Ieremia şi pe Zoroastru.

Scopul lui Ilie este să-i îndepărteze pe israeliţi de la adorarea unor zei falşi precum Baal şi să-i convingă să-l venereze numai pe Iahve. Conform Bibliei ebraice, Ilie dovedea puterea acestuia aducând morţii la viaţă, trimiţând foc pe pământ din ceruri şi înălţându-se la ceruri

într-un car de foc. Isaia şi Ieremia pledau amândoi mai curând pentru pace şi dreptate decât pentru război, iar acestea puteau fi dobândite numai căutând mijlocirea lui Dumnezeu.

Zoroastru, preot şi profet, a creat în Persia o religie care-i poartă numele. El predica existenţa unui dualism între două puteri primare aflate în conflict în această lume: Binele, personificat de zeul Ahura Mazda, şi răul, personificat de Angra Mainyu, care puteau sau nu să fie fraţi gemeni (textele zoroastriene diferă în această privinţă). Zoroastru pleda pentru slăvirea numai a lui Ahura Mazda şi folosirea numai a gândurilor, cuvintelor şi faptelor bune, pentru a se ajunge la triumful Binelui.

În timp ce pledoaria lor pentru comportamentul drept, pentru dreptate şi pentru pace se afla în opoziţie cu lupta predominant agresivă pentru dominaţie şi teritoriu, izvorâtă din competiţie, gândirea fiecăruia dintre aceşti patru profeţi e circumscrisă de credinţa într-un zeu sau Dumnezeu intervenţionist şi de cultul lui. Nici una dintre aceste viziuni nu reprezintă o încercare de a depăşi gândirea primitivă.

America Centrală

Nu cunosc nici o încercare a populaţiilor indigene din America Centrală sau din celelalte Americi de a depăşi gândirea primitivă, timp de secole după ce au fost cucerite de europeni.

EVOLUŢIA GÂNDIRII FILOZOFICE

India[17]

Gândirea filozofică din India a început să evolueze încă de când se lupta să se desprindă din rădăcinile sale primare. S-a separat în principal în şase tradiţii hinduse ortodoxe şi o mişcare care a respins credinţele religioase şi ritualurile şi din care s-au mai ramificat două tradiţii.

Tradiţiile filozofice hinduse ortodoxe

Cuvântul „hindus“ derivă din vechiul termen persan pentru Indus şi probabil se referea la populaţiile din Valea Indului şi la urmaşii lor. Am folosit cuvântul „ortodox“ pentru a numi diversele tradiţii corelate care, în termeni generali, împărtăşesc cultul pentru *Vede* şi cele trei credinţe: realitatea fundamentală este Brahma sau Conştiinţa Cosmică, identică cu sufletul individual sau Sinele (Atman); toate creaturile sunt prinse în *samsara*, un ciclu nesfârşit al naşterii, suferinţei, morţii şi renaşterii în concordanţă cu karma, principiul prin care datoriile morale ale individului din vieţile anterioare îi determină viaţa actuală;

şi există posibilitatea de a atinge *moksha* sau eliberarea din acest ciclu de reîncarnări.

Pg.572

Fiecare tradiţie s-a ramificat în mai multe şcoli, care susţineau poziţii contradictorii cum ar fi dualismul şi monismul, dacă Brahma este sau nu Zeul şi existenţa zeilor ca realităţi sau aspecte ale Zeului.

Shramana

Shramana era o mişcare destul de neclar definită, constituită din mai mulţi înţelepţi care căutau experienţa interioară directă, cel mai adesea renunţând la viaţa în societate şi practicând ascetismul. Doi dintre ei au câştigat mulţi adepţi şi au devenit tradiţii în sine.

Jainismul

Prima dintre ele este jainismul, a cărui figură principală, Vardhamana, era cunoscut drept Mahavira sau Marele Erou. Conform tradiţiei, s-a născut în anul 599 î.Hr. şi a fost prinţ al statului numit astăzi Bihar, din estul Indiei, traversat de Gange. La vârsta de 30 de ani, Mahavira a renunţat la lume şi a devenit un înţelept pribeag. Doisprezece ani mai târziu a ajuns la o asemenea iluminare, încât a fost recunoscut drept Tirthankara, literal „Făcător de vad“, o fiinţă iluminată care îţi arată cum să treci râul reîncarnării spre starea de eliberare eternă a sufletului.

Canonul jainist, păstrat într-un străvechi dialect prakrit, dar trecut în forma scrisă numai după câteva sute de ani, susţine că Mahavira a fost cel de-al 24-lea şi ultimul Tirthankara al acestui semiciclu al cosmosului etern[223]. El susţinea aplicarea intuiţiei sale etice, care necesită un ascetism extrem şi nonviolenţă, pentru atingerea eliberării de reîncarnare.

Ca şi alţi înţelepţi, Mahavira a atras discipoli, dar numai după ce Chandragupta, fondatorul imperiului Maurya, s-a convertit la jainism, aşa cum au făcut şi alţi regi din Gujara. Jainismul s-a transformat într-o tradiţie majoră care are astăzi aproximativ şase milioane de adepţi, în special în India. Preoţii şi călugăriţele adoptă un stil de viaţă extrem, propovăduit de Mahavira, în timp ce adepţii de rând jură să practice jainismul cât de bine pot văzându-şi în acelaşi timp de ocupaţiile lor.

Pentru a reconcilia şcolile filozofice aflate în dispute fără sfârşit, discipolii jainismului au dezvoltat ideea nonexclusivismului, un sistem logic ce recunoaşte şapte valori ale adevărului: adevărat, fals, indecis şi patru combinaţii ale acestora trei. Au dezvoltat de asemenea o teorie metafizică conform căreia lucrurile au infinite aspecte, astfel încât nici o explicaţie nu este cu totul adevărată şi nici una cu totul falsă.

De-a lungul secolelor s-a produs o ruptură majoră între „cei îmbrăcaţi în cer“ sau „cei goi“ şi „cei îmbrăcaţi în alb“. Fiecare dintre aceste comunităţi s-a ramificat mai departe, păstrând veneraţia pentru întregul lanţ de Tirthankara reali şi mitici, care apoi s-a dezvoltat în cult, unele secte încorporând în panteonul lor zeităţi precum Rama şi Krishna.

Budismul

A doua dintre aceste tradiţii Shramana majore a fost budismul, întemeiat de Siddhartha Gautama. Separarea faptelor de miturile care au apărut după moartea unui lider spiritual carismatic este întotdeauna dificilă, dar mai ales în acest caz.

Putem să considerăm că Siddhartha a fost fiul conducătorului populaţiei Shakya, aşezată la poalele Himalayei, în Nepalul de astăzi. Tradiţii diferite dau date de naştere diferite. Cercetătorii europeni stabiliseră anul 566 sau 563 î.Hr., dar studii mai recente indică o dată cuprinsă între 490 şi 480 î.Hr.

La vârsta de 29 de ani, Siddhartha şi-a părăsit viaţa de lux, soţia şi copilul şi a trăit ca un cerşetor pribeag pentru a încerca să înţeleagă suferinţele fizice şi mentale pe care le văzuse şi cum pot fi alinate.

Se pare că a studiat meditaţia cu diferiţi învăţători şi o perioadă a practicat jainismul sau măcar o viaţă de ascetism sever, dar a considerat-o prea dură. Conform scrierilor budiste, la vârsta de 35 de ani s-a aşezat sub un smochin indian şi a jurat să nu se mişte de acolo până când nu găseşte un răspuns la întrebarea sa. Meditaţia i-a oferit intuiţia cunoscută acum drept Cele Patru Adevăruri Nobile:

1. Toata viaţa umană este suferinţă (duhkha).
2. Suferinţa este provocată de dorinţă, mai ales de dorinţa de senzaţii plăcute.
3. Suferinţa poate să înceteze prin încetarea dorinţei.
4. Dorinţa poate fi învinsă urmând Nobila Cale Octuplă: înţelegerea corectă, gândirea corectă, vorbirea corectă, acţiunea corectă, existenţa corectă, efortul corect, atenţia corectă şi concentrarea corectă.

Urmarea acestei căi conduce la eliberarea de suferinţă şi de ciclul reîncarnării. După acest moment, Siddhartha Gautama a fost cunoscut sub numele de Buddha sau Cel Iluminat şi a început să dea învăţături despre Calea de Mijloc (între extremele vieţii dedicate numai plăcerilor şi ascetismului sever) unui mic grup de discipoli care au format o sangha, o comunitate care-i punea în practică învăţăturile.

Nu a scris nimic şi învăţa în dialectul local. Au supravieţuit mai multe versiuni ale învăţăturilor sale, sub forma unor bucăţi de texte în sanscrită şi prakrit. Cel mai vechi set complet de învăţături a fost scris

în pali, un dialect prakrit, cel mai probabil între 29 şi 17 î.Hr., în Sri Lanka. Acest canon budist cuprinde *Sutra* (în pali, Sutta) sau discursuri menite să

Pg.574

fie memorate, *Vinaya* sau reguli monastice şi *Abhidharma* (în pali, *Abhidhamma*), o metafizică ce include ideea originii co-dependente. În acord cu aceasta din urmă, toate fenomenele - fizice, mentale şi emoţionale - apar din şi depind de o reţea temporară de cauze contingente. Prin urmare, nimic nu este permanent. Asta înseamnă că nu există un Sine sau suflet etern; la moartea unui iluminat care a atins eliberarea de ciclul reîncarnării nu rămân nici identitatea personală, nici mintea (spre deosebire de credinţa jainistă). Dacă această gândire a aparţinut lui Siddhartha sau discipolilor care au formulat-o în numele lui rămâne un subiect controversat.

Corpul învăţăturii budiste poartă numele de Dharma. Acest cuvânt sanscrit era folosit în hinduism pentru a desemna legea naturală a cosmosului şi totodată conduita omului în conformitate cu această lege. Ambele înţelesuri, budist şi hindus, corespund conceptului de Dao chinez.

Siddhartha Gautama şi mica sa *sangha* au rămas doar unul dintre numeroasele grupuri Shramana până când învăţăturile sale au fost adoptate de un conducător puternic. În secolul al III-lea î.Hr. împăratul Ashoka, tulburat de suferinţa pe care a simţit-o după ce a cucerit regatul Kalinga din estul Indiei, a îmbrăţişat budismul. În acea vreme, el stăpânea cea mai mare parte din India şi a trimis misionari budişti la sud de teritoriul de astăzi al Sri Lankăi, până în regatele lumii elenistice.

Dar încă din secolul al III-lea î.Hr. budismul a început să se ramifice. Budismul theravada, sau doctrina bătrânilor, susţinea că păstrează învăţăturile originare ale lui Siddhartha.[18]

Alte şcoli au preluat ideea că apartenenţa la o *sangha*, care devenise o mănăstire, era prea exclusivă, iar budismul ar trebui să fie accesibil tuturor. Cam în secolul I î.Hr. această mişcare s-a dezvoltat în budismul mahayana sau Marea Cale. Această şcoală susţinea că eliberarea individuală de suferinţă şi reîncarnare este o căutare egoistă, iar calea ideală este a lui *bodhisattva*, care îşi amână eliberarea meritată până când îi ajută şi pe alţii să atingă această stare. Siddhartha Gautama a fost unul dintre *bodhisattva*, manifestări pământeşti temporare ale unui Buddha etern şi atoateştiutor. Şcolile mahayana venerau relicve şi imagini ale acestor bodhisattva şi apelau la ele pentru ajutor, la fel ca în cultul zeilor.

În acest timp, budismul s-a răspândit în sud şi în est, iar mai apoi în nord, adaptându-se la condiţiile locale. Misionarii făcuseră cunoscută theravada în sud, în Sri Lanka, unde a devenit religia

dominantă, iar de acolo şi din India s-a răspândit în Thailanda, Burma şi apoi în Indonezia.

Pg.575

Cam din secolul I sau al II-lea d.Hr., diverse variante de mahayana s-au răspândit spre est, pe Drumul Mătăsii, până în China, asimilând tradiţii şi credinţe indigene. În China au întâlnit perioade de opoziţie şi perioade de acceptare, căpătând pe parcurs diferite forme, ca răspuns la tradiţiile locale, printre care se număra şi o şcoală de meditaţie numită ch'an. Cam prin secolul al Vl-lea prinţul Shotoku, regent al Japoniei, a adoptat ideile şi practicile budiste, iar în Japonia ch'an s-a dezvoltat în zen.

Totuşi, în India budismul ca filozofie distinctă dispăruse pe la anul 1000 d.Hr., din cauza a doi factori majori. În primul rând, adoptând ritualuri şi credinţe, mahayana a devenit mai greu de deosebit de religia brahmanică, denumită în mod obişnuit hinduism, în timp ce hinduismul, eclectic prin natura sa, a asimilat gândirea şi practicile budiste. În al doilea rând, musulmanii care au invadat din vest au distrus cea mai mare parte a mănăstirilor budiste, deoarece considerau imaginile lui Siddhartha şi ale altor bodhisattva blasfematoare.

În secolul al VIII-lea d.Hr. versiuni ale budismului s-au răspândit spre nord, în Nepal şi de acolo spre Tibet, unde această filozofie s-a instalat cu adevărat abia în secolul al XI-lea, când a fost adoptată de conducătorii din Tibetul de vest. Versiunea dominantă a adoptat multe ritualuri religioase hinduse, cum ar fi recitarea repetată a mantrelor - sunete sacre pentru invocarea puterii zeităţilor - şi mandalele - diagrame sacre, cu un rol similar. Consoartele succesivilor bodhisattva au căpătat o mare importanţă ca zeităţi, devenind versiuni ale străvechii Zeiţe Mamă. Această ramură a budismului a devenit cunoscută drept vajrayana sau „calea de diamant". A asimilat mai multe elemente din religia tibetană bon, care îşi avea rădăcinile în animism şi şamanism şi s-a dezvoltat într-o religie cuprinzând diferite şcoli, fiecare dintre ele guvernată de un stareţ, sau un mare *lama*, al mănăstirii sale principale.

Autoritatea marelui *lama* a crescut după ce s-a convenit că fiecare dintre ei este o reîncarnare a unui *bodhisattva*. Mănăstirile concurau pentru control politic - uneori chiar prin conflicte armate - după ce cuceritorii mongoli din China l-au numit vicerege pe marele *lama* al mănăstirii Sakya. În secolul al XVII-lea această funcţie era deţinută de marele *lama* al ordinului Dge-lugs-pa, cunoscut drept *Dalai Lama* şi considerat a cincea reîncarnare.

Tibetul a devenit, dacă nu o teocraţie, măcar o budocraţie. Şi a rămas aşa până când trupele comuniste chineze l-au invadat în 1950 şi au preluat controlul. În anul 1959, Tenzin Gyatso (născut Lhamo Dondrub), recunoscut drept a paisprezecea reîncarnare a primului

Dalai Lama, a fugit în nordul Indiei, unde a format un guvern în exil.

Deşi astăzi există în lume câteva şcoli budiste care păstrează tradiţia nonreligioasă, filozofică, cele mai multe au devenit religioase, Siddhartha şi alţi mistici fiind veneraţi, paradoxal, drept zei.

China[19]

Un tipar similar, în linii mari, se respectă şi în China.

După unificarea brutală a Chinei în secolul al III-lea î.Hr., Qin Shi Huang, autoproclamatul Prim Împărat, a adoptat legalismul drept politică de guvernare oficială şi a suprimat celelalte şcoli filozofice. Mohismul a decăzut şi a dispărut. Confucianismul a avut o soartă variabilă în funcţie de sprijinul împăraţilor. Dinastia Han, din secolul I d.Hr., considera că preceptele sale sprijină ierarhia, ceea ce era în mare măsură adevărat, şi de aceea împăraţii aduceau sacrificii Cerului şi îl venerau pe Confucius.

Totuşi, confucianismul a fost concurat de daoism şi apoi de budism şi a suferit un declin între secolele al III-lea şi al VII-lea. Abia în timpul dinastiei Sung (962-1279) şi odată cu dezvoltarea neoconfucianismului a devenit filozofia dominantă în rândul chinezilor educaţi. Sprijinindu-se pe ideile daoiste şi budiste, gânditorii neoconfucianişti au formulat un sistem metafizic, care nu făcuse parte din vechiul confucianism, dar au păstrat viziunea ierarhică politică şi socială cuprinsă în învăţăturile confucianiste timpurii. Filozoful Chu Hsi (1130-1200) a unificat diferitele direcţii, iar sistemul său a dominat viaţa intelectuală chineză până în 1911, când monarhia, cu care fusese întotdeauna asociat, a fost distrusă. A urmat un declin accelerat după revoluţia comunistă din 1949.

Guvernarea chineză comunistă actuală, care a introdus capitalismul pentru a creşte prosperitatea ţării, promovează acum confucianismul în dauna marxism-leninismului, pentru a-şi susţine propria autoritate şi a păstra stabilitatea socială.

Deşi daoismul a apărut ca o viziune mistică asupra realităţii fundamentale, găsind o lege naturală sau un tipar în felul în care funcţionează cosmosul, el a suferit o schimbare profundă în anul 142 d.Hr., la 600 de ani de la moartea fondatorului său legendar, Laozi. Zhang Daoling, un pustnic, a anunţat că Laozi i-a apărut într-o viziune şi l-a numit Maestru Ceresc. El a fondat o religie care-l venera pe Laozi ca reîncarnare a Zeului Suprem şi care propovăduia că esenţa divinităţii rezidă şi în fiecare individ; longevitatea şi nemurirea puteau fi cultivate prin meditaţie, dietă şi tratamente alchimice.

Sectele religioase daoiste au adoptat instituţiile budiste. În secolele următoare, ele au fost legate de mişcările populare care se opuneau sprijinului acordat confucianismului de ordinea politică şi socială,

religiilor locale, cu zeităţile naturii, alchimiei şi artelor marţiale. În consecinţă, începând cam din secolul al V-lea daoismul şi-a încetat existenţa ca sistem de gândire filozofică.

Europa[20]

Socrate

Socrate (469-399 î.Hr.) este considerat, în general, primul dintre cei trei mari gânditori care au modelat evoluţia filozofiei în Occident. Nu a scris nimic, dar ideile sale ne-au fost transmise prin patru surse. Comediograful Aristofan este singurul care a scris despre Socrate în timpul vieţii acestuia, şi a făcut-o pentru a-l discredita. Xenofon, un fost elev al lui Socrate, a devenit istoric după o carieră militară, dar nu avea pătrunderea intelectuală necesară pentru a deveni un ghid de încredere în filozofia lui Socrate. Aristotel, născut la 15 ani după moartea lui Socrate, a cunoscut ideile lui, indirect, prin intermediul lui Platon. Cea mai bogată sursă este Platon, discipolul care i-a atribuit maestrului său tot ce a gândit mai de seamă, iar acest „tot“ a suferit multe schimbări în decursul a 40 de ani.

Ştim însă că Socrate a fost un atenian de viţă nobilă care a renunţat la bunăstarea sa pentru a se devota gândirii, că a folosit un anume tip de raţionament şi că a murit pentru convingerile sale. Spre deosebire de cei mai mulţi dintre predecesorii săi greci, nu era preocupat de realitatea ultimă sau de elementele fundamentale ale universului. Socrate era interesat în cea mai mare măsură de etică: cum ar trebui să se comporte oamenii şi de ce. Metoda sa era aceea de a-i determina pe ceilalţi să-şi exprime convingerile, dezvăluind apoi erorile raţionamentului lor, în încercarea de a ajunge la adevăr.

Aşa cum se spune de obicei, Socrate şi Buddha, deşi au trăit cam în aceeaşi perioadă, erau cât se poate de diferiţi. Socrate spunea că întreaga sa viaţă a fost o căutare neîmplinită a înţelepciunii, în timp ce Buddha s-a considerat un iluminat. Socrate folosea raţionamentul dialectic, în timp ce Buddha ajunsese la înţelepciune prin meditaţie.

Însă la o privire mai atentă se găsesc unele asemănări izbitoare între cei doi, pe lângă interesul pentru etică. Potrivit lui Platon, într-o bună zi, dis-de-dimineaţă, pe când era în serviciul militar, Socrate

> a căzut pe gânduri, urmărind ceva în mintea lui. Şi cum gândul nu i se desluşea, nu se dădea bătut şi a rămas acolo locului, tot căutând. Se făcuse amiază şi oamenii se uitau la el miraţi [...] Până la urmă, lăsându-se seara, câţiva dintre ei (erau nişte ionieni), după ce au cinat, şi-au scos afară aşternutul (acum era vară) şi s-au culcat la răcoare, pândind totodată să vadă dacă Socrate o să stea aşa toată noaptea. Şi chiar aşa a şi fost, până la

răsăritul soarelui. Apoi a înălţat o rugă către Soare şi a plecat de acolo.[21]

Cu foarte mici diferenţe, aceasta ar fi putut fi şi descrierea unei meditaţii a lui Siddhartha Gautama în căutarea iluminării.

Pg.578

Socrate era de părere că purtarea noastră ar trebui să fie determinată nu de aşteptarea unei recompense divine sau de frica pedepsei în viaţa de apoi, ci de scopul de a obţine fericirea acum. Nu este totuşi vorba de egoism, deoarece fericirea nu se poate obţine decât acţionând drept şi purtându-te bine cu toţi cei din jur, inclusiv - contrar obiceiurilor greceşti - cu duşmanii. Învăţăturile lui Socrate seamănă cu Nobila Cale Octuplă a lui Buddha, iar fericirea, aşa cum o descrie el, este o stare de seninătate asemănătoare celei pe care Buddha le-o cerea celor care urmau Calea Nobilă.

Platon

Al doilea mare gânditor a fost Platon (cca 429-374 î.Hr.), un nobil atenian care a părăsit Atena după ce învăţătorul şi prietenul său, Socrate, a fost acuzat şi condamnat la moarte de un juriu format din 500 de cetăţeni deoarece a refuzat să recunoască zeii cetăţii. Acest eveniment i-a întărit lui Platon neîncrederea profundă în democraţie, la care s-a adăugat, mai târziu, neîncrederea în tirani (un tiran însemna pe atunci o persoană care preluase puterea, de obicei conducând o revoltă populară împotriva unei guvernări aristocratice sau plutocratice, şi care conducea cu autoritate absolută, dar nu neapărat crudă sau opresivă).

A călătorit timp de 12 ani, stând o vreme, printre altele, şi în oraşe greceşti din sudul Italiei, unde a fost influenţat de pitagoreici, şi în oraşul grecesc Siracuza din Sicilia, unde l-a întâlnit pe tiranul Dionysios I.

El a ajuns la concluzia că numai filozofii ar trebui să devină conducători sau invers, conducătorii ar trebui să devină filozofi, deoarece filozofii posedă cunoaşterea şi înţelepciunea de a acţiona drept. După ce s-a întors la Atena a înfiinţat o academie pentru a le da o educaţie filozofică fiilor de nobili. Scrierile sale sunt de obicei grupate în trei etape, deşi datarea şi autenticitatea unora dintre ele sunt discutabile.

Cea mai influentă teorie a sa este cea a formelor pure. O formă pură este o idee transcendentă şi eternă pe care simţurile noastre o percep numai prin ilustrările ei temporare şi imperfecte. De exemplu, o farfurie rotundă este numai o ilustrare imperfectă şi temporară a ideii de Cerc, care există deasupra şi în afara lumii materiale. În mod similar, Înţelepciunea, Dreptatea şi Bunătatea sunt forme pure ale unor calităţi care se găsesc numai într-o stare imperfectă în această

lume, dar la care trebuie să aspirăm.

Aristotel

Cei mai mulţi dintre marii gânditori greci erau eruditi. Dacă e să dăm crezare surselor secundare sau terţiare, Aristotel (384-322 î.Hr.) avea, dintre toţi, cele mai vaste cunoştinţe din cele mai variate domenii. Totuşi, se estimează că s-a păstrat numai o cincime sau chiar un sfert din lucrările sale. Nu sunt scrieri menite să fie răspândite, ci însemnări pe baza cărora îşi ţinea discursurile sau dialogurile, însemnări ale elevilor săi şi însemnări de lucru, care au fost mai târziu strânse laolaltă în mai multe cărţi de discipolii săi, în special de Eudemos şi Teofrast, la Lykeion-ul din Atena, unde Aristotel a predat timp de 12 ani.

Pg.579

Versiunea care a ajuns până în zilele noastre a fost editată de Andronicus din Rhodos în secolul I d.Hr. A fost descoperită în secolul al VIII-lea d.Hr. de nişte învăţaţi musulmani, care au tradus-o în arabă şi siriacă, şi comentată apoi de filozofii musulmani, în special de Averroes, în secolul al XII-lea. Traducerile din arabă şi siriacă în latină au început să apară în Occident spre sfârşitul secolului al XII-lea.

Această operă include retorica, logica, etica, teoria politică, teoria literară, metafizica, teologia şi ceea ce astăzi se încadrează în ştiinţele biologiei, anatomiei, fizicii, astronomiei şi cosmologiei. Onorat de Occidentul medieval drept „Filozoful", acestui discipol târziu al lui Platon îi este atribuită inventarea ştiinţei şi a metodei ştiinţifice. Deoarece scopul prezentei investigaţii este de a descoperi ce ne poate spune ştiinţa despre evoluţia umană de la naşterea universului, mă voi concentra pe acest aspect al gândirii lui Aristotel.

Metoda sa ştiinţifică derivă din sistemul său logic, care a formalizat gândirea deductivă, şi din cercetările asupra cauzelor lucrurilor şi a esenţei sau formei lor. Spre deosebire de forma transcendentă a lui Platon, forma lui Aristotel este intrinsecă obiectului.

El clasifică lucrurile pe o scară e perfecţiunii exprimate prin forma lor, care se poate deduce din organizarea lor internă, pe care o denumea *psyche* sau suflet. Plantele sunt formele de viaţă aflate pe treapta cea mai joasă, având un suflet vegetativ răspunzător pentru reproducere şi creştere, animalele au un suflet vegetativ şi unul senzitiv, răspunzător pentru mobilitate şi senzaţii, iar oamenii au, pe lângă sufletul vegetativ şi sufletul senzitiv, un suflet raţional, capabil de gândire şi reflecţie.

Aristotel şi-a aplicat metoda, cu mare succes, la fiziologia şi comportamentul unui număr de circa 540 de specimene animale, bazându-se pe disecţii şi observaţii făcute de el însuşi şi pe relatări ale

altora. Deşi a făcut unele greşeli, unele dintre observaţiile sale asupra inimii şi sistemului vascular, de exemplu, nu au fost depăşite până în secolul al XVII-lea.

El a clasificat animalele în cele cu sânge şi cele fără sânge (sau cel puţin fără sânge roşu), clasificare ce corespunde distincţiei actuale între vertebrate şi nevertebrate, şi a grupat mai departe speciile, pe baza formelor comune, în genuri. Clasificarea sa a fost înlocuită abia în secolul al XVIII-lea de cea făcută de Linne.

Pg.580

Totuşi, în celelalte investigaţii asupra naturii, Aristotel a renunţat la empirism. În ce priveşte anatomia, era de părere că bărbaţii au mai mulţi dinţi decât femeile. În fizică, a afirmat că un corp cade pe pământ cu o viteză proporţională cu masa lor, afirmaţie pe care Philoponus, în secolul al Vl-lea d.Hr., a infirmat-o printr-un experiment simplu. Aristotel nu făcea măsurători. Munca sa este descrisă mai corect drept filozofie naturală decât drept ştiinţă, aşa cum o înţelegem noi astăzi şi cum este definită aici în capitolul 1.

În ce priveşte cosmologia, era de părere că Luna, Soarele şi constelaţiile sunt cuprinse într-o serie de sfere concentrice perfecte, cristaline, care se învârtesc la nesfârşit în jurul Pământului, cu viteze constante, dar diferite. Aici Aristotel intră pe domeniul metafizicii. Totul are o cauză. Într-una din cărţi, spune că sferele sunt legate între ele, astfel încât cea mai apropiată de Pământ este determinată să se mişte de cea alăturată, care la rândul ei este determinată să se mişte de următoarea ca distanţă faţă de Pământ şi aşa mai departe. Dar lanţul cauzalităţii trebuie să se oprească undeva. Ce anume determină cea mai îndepărtată sferă să se mişte? Este Motorul Prim Nemişcat. Aristotel gândea că această Cauză Primă fără Cauză trebuie să fie simplă, neschimbătoare, perfectă, eternă şi fără dimensiune sau formă fizică; constă numai în contemplare intelectuală, cel mai pur exerciţiu de gândire; este Divină.

Spre deosebire de majoritatea predecesorilor săi din lumea greacă şi de filozofii din alte ţări, Aristotel nu s-a folosit de intuiţie.

Filozofia elenistica

Moartea lui Aristotel la un an după moartea lui Alexandru cel Mare, fostul său elev, marchează, în mod convenţional, sfârşitul etapei elenice (greceşti) a gândirii filozofice şi începutul etapei elenistice (de tip grecesc). Imperiul lui Alexandru s-a fragmentat, guvernatorii săi preluând puterea în regiuni pentru a crea propriile monarhii. S-au dezvoltat şi alte centre intelectuale care rivalizau Atena, cele mai importante fiind Alexandria în Egipt, Antiohia în Siria, Pergam în Asia Mică şi mai târziu insula Rhodos din Marea Egee.

Lyceum-ul lui Aristotel a funcţionat la Atena până după mijlocul

secolului al III-a î.Hr., când a căzut în declin. În această perioadă au apărut alte trei şcoli principale de gândire. Epicureii, stoicii şi scepticii care considerau că filozofia trebuie să fie practică, iar obiectivul său să fie atingerea ataraxiei, liniştea, ceea ce sugerează că aceste şcoli au fost influenţate mai mult de Socrate decât de Aristotel.

Epicur (341-271 î.Hr.) urma metafizica atomistă a lui Leucip şi Democrit, susţinând că, deoarece mintea nu este decât o colecţie de atomi care se împrăştie atunci când viaţa încetează, teama de moarte nu e justificată şi ar trebui să căutăm plăcerea în cursul vieţii. Detractorii săi şi mai târziu creştinii au văzut în asta doar o lipsă de cumpătare în privinţa mâncării şi sexului. Totuşi, pentru Epicur plăcerea era „eliberarea de durerea corpului şi de tumultul sufletului", şi se pare că el ducea o viaţă abstinentă, cultivând prietenia şi purtându-se generos cu sclavii.

Pg.581

Stoicii, şcoala înfiinţată de Zenon din Citium la începutul secolului al III-lea î.Hr., credeau că ataraxia poate fi atinsă dacă omul trăieşte în armonie cu natura. Aşadar, cercetând natura, au tras concluzia că totul este determinat de soartă şi, de aceea, liniştea se obţine prin atitudinea de acceptare a sorţii.

Scepticii susţineau că nu avem o cunoaştere reală a naturii lucrurilor şi o demonstrau formulând fiecare întrebare în ambele sensuri; de aceea, liniştea minţii se obţine prin suspendarea judecăţii.

Filozofia greco-romană

Aceste direcţii de gândire au continuat să se dezvolte odată cu dezvoltarea Imperiului Roman, când romanii au adoptat şi au îmbogăţit gândirea greacă. Aristotelismul a renăscut în această perioadă, dar adepţii săi se concentrau mai curând pe păstrarea şi comentarea lucrărilor lui Aristotel decât pe dezvoltarea lor, astfel încât şcoala a dispărut până la urmă în secolul al III-lea î.Hr.

Nu reuşise să transforme filozofia într-un mod de gândire pur raţional. În secolul al II-lea, de exemplu, împăratul roman Marcus Aurelius, adept al stoicismului, sfătuia la retragerea în sine, iar sinele era „asemeni inteligenţei universale care a pătruns şi a organizat lumea; ba chiar e parte din acea inteligenţă"[22]. Această concepţie este asemănătoare cu viziunea centrală din *Upanisade*. nu numai că totul este Brahman, ci şi Sinele este tot Brahman.

Cel mai important gânditor din această etapă a fost Plotin (cca 205 — 270 d.Hr.), considerat fondatorul neoplatonismului. Aşa cum reiese din *Enneade*, era un mistic având ca scop unirea cu Unul, pe care susţinea că a trăit-o de câteva ori. El spunea că pentru a te bucura de unirea fericită cu Unul trebuie să abandonezi

cunoaşterea manifestată în demonstranţii, în convingeri şi în

raţionamentul din Suflet. Faptul de a *vedea* şi /subiectul/ care a văzut nu sunt raţiune discursivă, ci sunt mai bune decât raţiunea.[23]

Prin contemplaţie şi virtute morală putem să ne ridicăm mintea la Unul. Această călătorie mentală este nu numai o întoarcere la sursa existenţei noastre, dar şi o descoperire a adevăratului nostru sine. „Dar, apucând calea inversă, Sufletul nu va sosi la altceva, ci va reveni la Sine“[24] Şi această viziune este asemănătoare cu cea din *Upanişade*.

Totuşi, gândirea filozofică prin raţionament sau intuiţie, în opoziţie cu credinţa în forţe supranaturale precum zeităţile sau Dumnezeu, a fost reprimată dur în Occident după anul 529 d.Hr., când împăratul roman Iustinian a închis şcolile ateniene deoarece subminau creştinismul.

Pg.582

Scolastica

Învăţaţii creştini au luat contact cu aristotelismul în secolul al XII-lea, prin intermediul traducerilor şi comentariilor în arabă şi siriacă. În Occident, această şcoală de gândire nu avusese aproape nici o însemnătate timp de peste o mie de ani, ceea ce înseamnă de două ori mai mult timp decât existenţa ei (cu toate că în lumea musulmană renăscuse după cinci secole).

Teologii creştini cunoscuţi ca scolastici au adoptat gândirea aristotelică pentru a demonstra existenţa lui Dumnezeu. Cel mai de seamă dintre ei a fost călugărul dominican din secolul al XIII-lea Toma d'Aquino, care a folosit, printre alte argumente, Cauza Primă fără Cauză şi Motorul Prim Nemişcat.

Paradoxal, creştinismul fusese întemeiat prin revelaţie. Evangheliile lui Matei, Marcu şi Luca vorbesc despre Duhul lui Dumnezeu care s-a pogorât asupra lui Isus. El a propovăduit că a-l iubi pe Dumnezeu şi a-ţi iubi aproapele ca pe tine însuţi (o versiune a Regulii de Aur) este mai important decât respectarea oarbă a legilor Bibliei ebraice.

Revelaţia a continuat cu Părinţii Deşertului din secolul al III-lea, apoi cu ordinele monastice şi o serie de contemplativi precum Meister Eckhart, sfânta Tereza de Avila şi sfântul Ioan al Crucii, până în secolul al XVI-lea.

Totuşi, după sfârşitul secolului al XII-lea, gândirea scolastică a devenit dominantă şi a reprezentat singura metodă de gândire din şcolile şi universităţile occidentale, care erau controlate de Biserica Catolică.

Filozofia modernă

Raţionamentul scolastic s-a înrădăcinat atât de puternic în

Occident, încât reformatorii protestanţi din secolul al XVI-lea l-au folosit pentru a ataca Biserica Romană, iar iluminiştii din secolul al XVIII-lea, pentru a ataca orice biserică. Astăzi, departamentele de filozofie din universităţile occidentale sunt în marea lor majoritate laice. Din nouă enciclopedii şi dicţionare americane şi engleze pe care le-am consultat, şapte definesc filozofia numai în termenii raţiunii. Aceasta înseamnă, după părerea mea, o confruntare a esenţei cu metoda.

RAMIFICAREA GÂNDIRII FILOZOFICE

Pe măsură ce s-a dezvoltat în diverse părţi ale lumii, gândirea filozofică s-a ramificat în nenumărate tradiţii şi şcoli care apoi s-au ramificat la rându-le.

Încă din Antichitatea greacă, se face de obicei o distincţie clară între Orientul mistic şi Occidentul raţional. Cred că se poate face o distincţie şi mai importantă, între intuiţie şi raţionament, definite după cum urmează:

intuiţie Înţelegerea clară a esenţei unui lucru, de obicei în mod neaşteptat, după o meditaţie disciplinată sau după o încercare nereuşită de a ajunge la această înţelegere prin raţionament.

Pg.583

raţionament Încercare de a înţelege esenţa unui lucru printr-un proces logic, fie pe baza unor dovezi, fie pe baza unor supoziţii considerate evidente.

Pe lângă meditaţia disciplinată pentru dobândirea intuiţiei, în India antică a fost folosit şi raţionamentul, în unele dintre *Upanişade*, în sistemul logic Nyaya, care era asemănător în multe privinţe cu gândirea lui Aristotel, în sistemul logic al celor şapte valori jainiste, în învăţăturile lui Buddha şi în metafizica budistă a originii codependente etc. În China, în timp ce misticul daoist Zhuangzi respingea raţionamentul ca metodă de investigaţie, Mencius, filozoful confucianist din secolul al IV-lea î.Hr., folosea raţionamentul în discursurile sale, iar pe de altă parte mohiştii foloseau logica pentru a ajunge la ideile lor.

Acestea nu sunt decât câteva din numeroasele exemple care arată că gânditorii din Orient foloseau atât intuiţia, cât şi raţionamentul şi că multe şcoli încă folosesc raţionamentul, chiar dacă nu este metoda lor principală. Mai mult, colonialismul occidental din secolul al XlX-lea a determinat multe ţări din Orient să adopte normele academice ale Occidentului. Este greşit să caracterizăm filozofia orientală drept o filozofie exclusiv mistică.

Având în vedere că în cazul multor gânditori occidentali din Antichitate nu dispunem de suficiente dovezi, nu putem să spunem

dacă foloseau intuiţia sau raţionamentul. Cu excepţia lui Zenon, nu există dovezi de încredere că gânditorii presocratici foloseau raţionamentul pentru a ajunge la ideile lor, în timp ce există dovezi că ideea de nemărginire a lui Anaximandru, precum şi ideile mistice ale lui Pitagora şi ale pitagoreicilor se bazează pe intuiţie. Heraclit a fost un mistic, în timp ce în cazul lui Socrate se poate vorbi despre intuiţie. Filozofii precum Marcus Aurelius, din secolul al II-lea, şi Plotin, din secolul al III-lea, erau fără îndoială mistici, în timp ce gânditori precum Arhimede aveau intuiţii matematice şi ştiinţifice, un subiect pe care-l voi dezvolta în capitolul următor.

O excepţie limpede este Aristotel, care punea raţionamentul mai presus de orice. Dar gândirea lui a fost adoptată în Occident abia din secolul al XII-lea. Consacrarea ulterioară a raţionamentului în filozofia occidentală se datorează nu numai faptului că secole de-a rândul controlul asupra educaţiei a fost deţinut de Biserică, ci poate şi convingerii că raţionamentul este superior intuiţiei. Distinsul filozof britanic Anthony Quinton scria în 1995:

> Filozofia este o preocupare colaborativă, spre deosebire de activitatea meditativă a înţelepţilor, care înfloreşte de obicei în condiţii de izolare sau chiar de retragere din lume. Totuşi, forma de colaborare implicată nu este cooperantă, ci competitivă, [...] o chestiune de argumente critice. Argumentul este menit să convingă şi, pentru a garanta succesul, să învingă contraargumentele. Înţelepţii îşi comunică învăţăturile doar celor care-i vizitează în refugiul lor.[25]

Această ultimă propoziţie nu este nici pe departe adevărată. Mai mult, e discutabil dacă una din aceste metode de gândire filozofică este superioară celeilalte. Raţionamentul depinde de un set de supoziţii preliminare sau de selectarea şi interpretarea unor dovezi. Raţionalistul suprem, Aristotel, afirma că toate corpurile cereşti sunt cuprinse în sfere cristaline care se rotesc în jurul Pământului împreună cu alte lucruri, ceea ce este complet greşit.

Pe de altă parte, intuiţia mistică a existenţei unei realităţi fundamentale inefabile - fie că aceasta se numeşte Brahman sau Dao sau nemărginire sau logos - care a dat naştere tuturor lucrurilor din cosmos este apropiată de ipoteza modernă a câmpului cuantic, care spune că universul pe care îl percepem s-a materializat dintr-o fluctuaţie a câmpului cuantic cosmic preexistent[224].

De asemenea, viziunea mistică a *Upanişadelor* conform căreia în spatele întregii materii şi energii ar exista o forţă energetică universală (*prana*), precum şi viziunea lui Heraclit despre *pyr* seamănă cu ipoteza modernă din teoria corzilor conform căreia materia şi energia se reduc în cele din urmă la corzi de energie[225].

Tot astfel, viziunea mistică a primilor daoişti conform căreia Dao nu este numai Sursa a toate, ci şi Calea sau modul în care funcţionează lumea naturală, precum logos-ul lui Heraclit, prefigurează legile fizice ale ştiinţei care au guvernat formarea şi evoluţia universului aşa cum îl percepem astăzi, dar ale căror cauze ştiinţa nu le poate explica[226].

Astfel de viziuni nu implică existenţa unui zeu antropomorf sau a lui Dumnezeu, aşa încât le voi denumi mistice, pentru a le diferenţia de cele spirituale, revelate de Dumnezeu, de un zeu sau de un mesager al acestuia care, de regulă, îl îndeamnă pe cel ce primeşte revelaţia să le recomande o anumită conduită celor ce cred în respectiva divinitate. În acest sens, intuiţia spirituală este parte a gândirii primitive aşa cum am definit-o în capitolul precedent. Limita dintre cele două se estompează, de exemplu, când Aristotel atribuie divinitate Cauzei Prime fără Cauză sau când unele şcoli hinduse îl interpretează pe Brahman ca Divinitatea supremă, dincolo de orice formă. Alte şcoli hinduse depăşesc totuşi această graniţă personificându-l pe Brahman şi numindu-l Vishnu sau Shiva, care s-au reîncarnat periodic pentru a interveni în treburile oamenilor.

Pg.585

Dacă considerăm că filozofia modernă s-a desprins de intuiţie începând din secolul al XII-lea, atunci când în Occident raţionamentul a fost identificat drept unică metodă filozofică, cum vom clasifica ramificaţiile subsidiare din evoluţia gândirii filozofice?

Pe măsură ce gândirea filozofică s-a răspândit, a interacţionat şi s-a dezvoltat, descoperindu-se lucruri noi şi noi metode de gândire, s-au format nenumărate şcoli, care însă au avut în mod clar tendinţa de a se specializa pentru a face faţă acestei vaste evoluţii a ideilor. Cel mai bun criteriu pentru clasificarea ramificaţiilor de la următorul nivel este obiectul investigaţiei; cele şase ramuri principale, ale căror graniţe nu sunt întotdeauna bine delimitate, sunt următoarele:

metafizică Ramură a gândirii care investighează şi încearcă să înţeleagă realitatea fundamentală sau esenţa şi cauza tuturor lucrurilor, fie ele materiale sau imateriale.

filozofie naturală Ramură a gândirii care investighează şi încearcă să înţeleagă lumea naturală percepută prin intermediul celor cinci simţuri şi funcţionarea ei.

logică Ramură a gândirii care îşi propune să deosebească sistematic inferenţele valide de cele nevalide cu ajutorul unor legi ce vizează în principal raţionamentul deductiv şi cel inductiv.

epistemologie Ramură a gândirii care investighează natura, sursele, validitatea, limitele şi metodele cunoaşterii umane.

etică Ramură a gândirii care evaluează comportamentul uman şi încearcă deseori să creeze coduri de bună comportare între indivizi, între un individ şi un grup de indivizi (precum o societate sau un stat) şi între grupuri de indivizi.

estetică Ramură a gândirii care încearcă să înţeleagă şi să comunice esenţa frumuseţii în natură şi în creaţiile umane.

Aceste domenii au evoluat şi continuă să evolueze. Înainte de Platon nu se făcea deosebirea între metafizică şi filozofia naturală, iar filozofia naturală s-a transformat treptat în ştiinţă, aşa cum vom vedea în capitolul următor.

Fiecare dintre aceste domenii s-au ramificat şi continuă să se ramifice. De exemplu, metafizica s-a ramificat în trei şcoli de gândire: monismul, care susţine că realitatea fundamentală constă într-un singur lucru; dualismul, care susţine că lucrurile materiale şi mentale (sau conştiinţa) sunt fundamental diferite; pluralismul, care susţine că realitatea este alcătuită dintr-o multitudine de lucruri diferite care nu pot fi reduse la unul sau două.

Pg.586

Intuiţia are un caracter ireductibil, însă generaţiile succesive de discipoli îi dau tot mai multe interpretări. Totuşi, cred că e util să dau şi un exemplu de ramificare a obiectelor intuiţiei şi să recunosc totodată că, datorită caracterului ei ireductibil, ramurile intuiţiei se întrepătrund în mai mare măsură decât cele ale raţionamentului. Astfel, intuiţia psihologică a celor Patru Adevăruri Nobile a lui Siddhartha Gautama a fuzionat cu intuiţia etică a Căii Nobile Octuple.

Propun şase ramuri principale, definite după cum urmează, recunoscând totuşi că această clasificare este discutabilă:

intuiţie mistică Înţelegerea directă a realităţii fundamentale: esenţa şi cauza tuturor lucrurilor.

intuiţie ştiinţifică Înţelegerea directă a esenţei sau cauzelor fenomenelor naturale, ale interacţiunilor sau ale altor relaţii dintre ele şi, adesea, ale regulilor care guvernează aceste interacţiuni şi relaţii.

intuiţie matematică Înţelegerea directă a proprietăţilor sau a relaţiilor dintre numere, forme reale şi abstracte şi, adesea, a regulilor care guvernează aceste relaţii.

intuiţie psihologică Înţelegerea directă a modului în care gândesc şi se comportă indivizii sau grupurile de indivizi şi a cauzelor acestui mod de a gândi şi de a se comporta.

intuiţie etică Înţelegerea directă a modului în care oamenii ar trebui să se comporte ca indivizi sau ca grup faţă de alţi indivizi sau de alte grupuri şi, adesea, a cauzelor pentru care ar trebui să se comporte în acest mod.

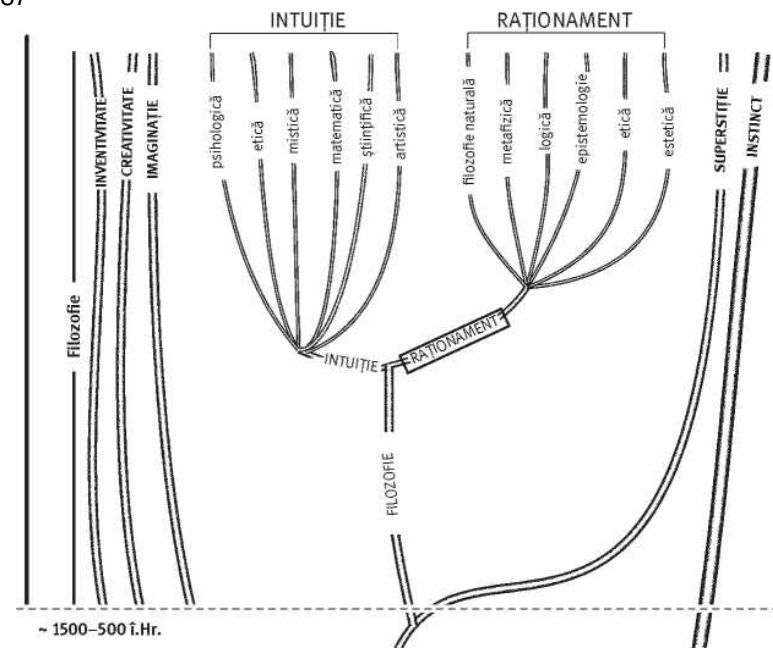
intuiţie artistică Înţelegerea directă care are ca rezultat crearea unor lucrări vizuale, muzicale sau scrise frumoase sau stimulative din punct de vedere intelectual.

Intuiţia ştiinţifică apare adesea nu în urma unui proces de meditaţie disciplinată, ci după ce un cercetător nu a reuşit să rezolve o problemă prin raţionament şi a intrat într-o stare de conştiinţă modificată, adesea neintenţionat, relaxându-se, încetând să raţioneze şi deconectându-se - pentru scurt timp -, după care răspunsul apare parcă de niciunde227. Acelaşi lucru este valabil şi pentru intuiţia matematică sau de alte feluri.

PANORAMA EVOLUŢIEI NOETICE

Figura 28.2 este o încercare de trecere în revistă a evoluţiei gândirii filozofice, pornind de la momentul în care a apărut din superstiţiile gândirii primitive şi incluzând evoluţia celorlalte ramuri principale ale gândirii primitive discutate în capitolul anterior, plus instinctul.

Pg.587



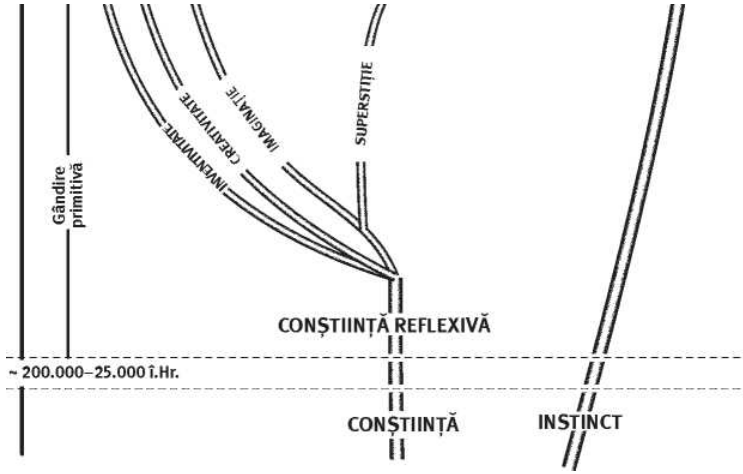


Figura 28.2 Apariţia gândirii filozofice şi evoluţia principalelor sale ramuri. Ca şi figura 27.1, din care derivă, este o imagine bidimensională a unui proces tetradimensional dinamic şi interactiv. Nu este construită la scară, iar datele se bazează pe cele mai bune estimări .

Pg.588

Ca şi figura 27.1, din care derivă, figura 28.2 este o imagine bidimensională a unui proces tetradimensional dinamic şi interactiv, în care ramurile, subramurile şi sub-subramurile nu numai că se schimbă în timp, dar interacţionează cu alte ramuri, amestecându-se, modificându-se şi formând noi ramuri. De exemplu, intuiţia psihologică şi cea etică ale lui Siddhartha Gautama au interacţionat cu metafizica, formând în cadrul metafizicii o ramură a gândirii despre lucruri precum esenţa sinelui şi a non-sinelui, în timp ce logica a interacţionat cu creativitatea şi inventivitatea formând noua ramură a limbajelor computerizate.

Nici această diagramă nu este construită la scară. În timp ce conştiinţa reflexivă a apărut complet din conştiinţă abia în paleoliticul superior, cu 40.000 până la 10.000 de ani în urmă (cu aproximaţie acum 25.000 de ani), gândirea filozofică a apărut din superstiţiile gândirii primitive abia în urmă cu aproximativ 3.000 de ani, iar distincţia dintre intuiţie şi raţionament, abia cu aproximativ 800 de ani în urmă. Altfel spus, dacă existenţa umană ar fi reprezentată de un ceas cu 24 de ore, filozofia ar fi apărut cu aproximativ 2 ore şi 53 de minute înainte de miezul nopţii, în timp ce raţionamentul, singura metodă de gândire despre care se învaţă în Occident, ar fi apărut cu 45 de minute înainte de miezul nopţii.

Superstiţia - sub forma miturilor şi credinţelor religioase care au apărut din necunoaşterea legilor naturii sau din frica de necunoscut, considerate astăzi incompatibile cu dovezile solide - s-a transmis de-a

lungul a peste o mie de generaţii. Nu este surprinzătoare, de aceea, influenţa atât de puternică şi de persistentă pe care o exercită chiar şi astăzi, când concurează serios raţionamentul şi intuiţia în încercarea de a răspunde la întrebările cruciale ale existenţei umane.

CONCLUZII

1. Încercările de a răspunde la întrebări cruciale cu privire la ce suntem şi de unde venim au intrat într-o nouă etapă în diverse locuri de pe glob cu aproximativ 3.000 de ani în urmă, când gândirea filozofică s-a desprins din superstiţiile gândirii primitive. Această etapă a fost caracterizată de dorinţa de a găsi explicaţii care nu se bazau pe existenţa unor spirite imaginare, a unor zei antropomorfi sau a unui Zeu unic, în care oamenii au crezut timp de peste 20.000 de ani.
2. Gândirea filozofică a apărut cel mai probabil mai întâi în subcontinentul indian, iar alte mari centre au fost China şi colonia grecească Ionia.

Pg.589

3. Filozofii s-au folosit de intuiţie, adesea rezultatul meditaţiei disciplinate, şi de raţionament, bazat pe supoziţii preliminare sau pe interpretarea unor dovezi.
4. Primele tatonări ale gândirii filozofice sunt greu de deosebit de rădăcinile lor, superstiţiile primitive inculcate de religii. Pe măsură ce s-au răspândit şi s-au dezvoltat, evoluţia lor a prezentat un tipar asemănător cu cel al evoluţiei filetice din biologie, ca răspuns la diferitele tipuri de mediu. Unele ramuri ale gândirii filozofice nu au reuşit să se dezvolte; altele s-au dezvoltat, dar apoi au dispărut; unele au fost asimilate şi modificate de alte ramuri; unele au interacţionat cu credinţele locale şi s-au transformat în religii; unele au fost asimilate sau distruse de religii sau de conducători; unele s-au pierdut şi au fost revitalizate mult mai târziu; unele au fost promovate de conducători şi au înflorit; cele care au supravieţuit au continuat să evolueze şi să se ramifice.
5. Intuiţiile vizionarilor, fie ei indieni, chinezi, greci sau romani, au câteva teme comune, în special unitatea fundamentală a tuturor lucrurilor. În majoritatea cazurilor această unitate fundamentală sau realitate fundamentală a fost percepută drept ceva inefabil, descris cel mai bine drept o conştiinţă sau o inteligenţă cosmică transcendentă care există, lipsită de formă, în afara spaţiului şi timpului, dar care totodată e imanentă prin faptul că dă naştere tuturor fenomenelor percepute de cele cinci simţuri fizice ale noastre şi de minte; apărând din această unitate fundamentală, esenţa fiecăruia dintre noi este identică cu întregul.

Mai mult, această realitate fundamentală se manifestă în cosmos sau guvernează funcţionarea lui, şi ar trebui să ne armonizăm viaţa cu ea pentru a dobândi împlinirea.

6. Deşi intuiţia are un caracter ireductibil, ea se poate ramifica în funcţie de obiectul investigaţiei. Ramificarea ţine mai ales de şcolile înfiinţate pentru a interpreta, a practica şi a transmite mai departe intuiţiile înţelepţilor.

7. Raţionamentul a fost folosit în transmiterea intuiţiilor şi ca metodă de investigaţie. Şi el se poate ramifica în funcţie de obiectul investigaţiei, iar ramurile s-au transformat la rândul lor în şcoli de gândire care s-au răspândit, au interacţionat şi s-au dezvoltat, ca răspuns la noile moduri de gândire.

8. Atunci când gândirea a avut în centru etica, practic toţi filozofii antici, fie că foloseau intuiţia sau raţionamentul, au ajuns la concluzia că putem dobândi fericirea sau liniştea printr-un comportament lipsit de egoism, conform principiului „să nu faci altora ceea ce nu doreşti să ţi se facă ţie“. Acest tip de comportament contravenea tendinţei obişnuite în societăţile vremii către agresivitate, război şi cucerire. Îndemnul lor de bază era cooperarea în detrimentul competiţiei pentru obţinerea progresului umanităţii.

Pg.590

9. Distincţia fundamentală dintre intuiţie şi raţionament a apărut târziu, în secolul al XII-lea, când, practic, Occidentul a adoptat raţionamentul ca unică metodă de gândire filozofică, deşi dovezile nu susţin superioritatea uneia dintre cele două metode asupra celeilalte.

Capitolul 29 tratează următoarea etapă a evoluţiei umane, gândirea ştiinţifică şi dezvoltarea ei.

Pg.591

CAPITOLUL 29
Evoluţia omului 3: gândirea ştiinţifică

Savantul, dragi prieteni, este un om care face predicţii; ştiinţa este utilă tocmai fiindcă oferă mijloacele de a face predicţii, iar savanţii sunt mai presus de toţi ceilalţi oameni.

Henri de Saint-Simon (1760-1825)

Ştiinţa poate fi descrisă drept arta suprasimplificării sistematice.

Karl Popper, 1982

A treia etapă a evoluţiei umane este caracterizată de gândirea ştiinţifică, prin care cunoaşterea şi înţelegerea sunt obţinute mai curând în mod empiric decât prin speculaţie filozofică sau prin credinţă bazată pe pretinse revelaţii supranaturale.

După cum am văzut în capitolul 1, de-a lungul timpului ştiinţa a avut diverse înţelesuri, astfel încât este util să reamintim definiţia contemporană folosită în această carte.

ştiinţă Încercarea de a înţelege şi de a explica fenomenele naturale folosind observaţii şi experimente sistematice, preferabil măsurabile, şi făcând raţionamente pe baza cunoştinţelor obţinute, pentru a deduce legi verificabile şi a face predicţii sau retrodicţii.

Deşi se intersectează într-o anumită măsură cu tehnologia, cred că este util să facem diferenţa dintre ele.

tehnologie Inventarea, crearea şi folosirea uneltelor sau maşinilor pentru a rezolva o problemă.

Ştiinţa este inseparabilă de metoda sa, care s-a schimbat de asemenea de-a lungul timpului. În înţelesul curent al termenului, metoda ştiinţifică constă în cinci paşi, rezumaţi în următoarea definiţie:

metoda ştiinţifică (teoretic)

1. Datele cu privire la un fenomen studiat sunt colectate prin observaţie sistematică sau prin experiment.
2. Pe baza acestor date este dedusă o concluzie, sau ipoteză, provizorie.

Pg.592

3. Predicţiile deduse din această ipoteză sunt testate prin observaţii sau experimente ulterioare.
4. Dacă aceste teste confirmă predicţiile şi mai mulţi observatori independenţi obţin aceleaşi confirmări, atunci ipoteza este acceptată ca teorie ştiinţifică, până când noi date intră în contradicţie cu teoria.
5. Dacă apar date noi care intră în contradicţie cu teoria, atunci teoria este fie modificată, fie abandonată în favoarea unei noi ipoteze, care se potriveşte cu toate datele.

În practică, aceşti paşi nu sunt întotdeauna respectaţi. Proprietăţile antibiotice ale penicilinei au fost descoperite nu prin pasul 1, ci atunci când Alexander Fleming s-a întors în laboratorul lui după câteva săptămâni şi a constatat că bacteriile uitate din greşeală pe o placă de cultură fuseseră distruse de un mucegai pe care l-a numit penicilină. Wilhelm Rontgen a descoperit razele X într-o cameră obscură, după ce a acoperit cu un carton negru tubul cu raze catodice pe care îl folosea pentru experimente şi a observat că un ecran fluorescent era luminat. Am văzut în capitolul 3 că radiaţia cosmică de fond a fost descoperită

din întâmplare[228].

Intuiţiile, mai degrabă decât pasul 2, au fost de regulă răspunzătoare pentru marile progrese ale ştiinţei. Sunt acele momente numite „evrica“ - acest cuvânt se leagă de numele matematicianului şi inventatorului grec Arhimede, despre care se spune că a sărit dezbrăcat din cadă şi a alergat pe străzi strigând eureka (am găsit!), fiindcă tocmai descoperise principiul care acum îi poartă numele, anume că un corp scufundat într-un lichid este împins de lichid, de jos în sus, cu o forţă egală cu greutatea volumului de lichid dislocat de corp. Chimistul german August Kekule a povestit că, nereuşind să descifreze structura moleculară a benzenului, s-a culcat şi, în timp ce moţăia în faţa focului, a văzut în flăcări imaginea şarpelui mitic care-şi muşcă coada şi şi-a dat brusc seama că benzenul are o structură inelară, nu liniară.[1] Descriind cum a ajuns la ideile sale revoluţionare, Albert Einstein spunea:

> O idee nouă vine dintr-odată, mai degrabă intuitiv. Asta înseamnă că nu se ajunge la ea prin concluzii logice conştiente.[2]

Prea adesea, atunci când găsesc date care nu concordă cu o teorie la care ţin, oamenii de ştiinţă nu abordează pasul 5, ci pun sub semnul întrebării datele şi metoda prin care au fost obţinute, le ignoră[229] sau le interpretează în aşa fel încât să devină concordante cu teoria[230].

Pg.593

Ceea ce numim uneori metoda ipotetico-deductivă este mai degrabă o analiză logică a felului în care teoriile ştiinţifice îşi găsesc sprijin în dovezi, dar în universităţile din ziua de astăzi tinde să fie singura metodă ştiinţifică predată.

APARIŢIA GÂNDIRII ŞTIINŢIFICE

Primele ştiinţe pot fi grupate în trei categorii care se intersectează - ştiinţele fizice, ştiinţele vieţii şi ştiinţele medicale -, iar ramurile lor au apărut în momente diferite:

ştiinţele fizice Ramuri ale ştiinţei care studiază fenomenele neînsufleţite; includ astronomia, fizica, chimia şi ştiinţele Pământului;

ştiinţele vieţii Ramuri ale ştiinţei care studiază caracteristicile organismelor vii (precum plantele, animalele şi oamenii) şi relaţiile dintre aceste caracteristici;

ştiinţele medicale Ramuri ale ştiinţei care sunt aplicate în vederea menţinerii sănătăţii, prevenirii şi tratării bolilor şi vindecării leziunilor.

Ştiinţele medicale

Ştiinţele din această categorie folosesc descoperiri ale ştiinţelor din primele două categorii, în special ale ştiinţelor vieţii, pentru că scopul

lor este supravieţuirea omului. Îşi au rădăcinile în Antichitate, când se considera că bolile sunt provocate de spirite sau de zei. Cele mai vechi încercări de a înţelege şi a trata cauzele fizice ale stării de boală au avut la bază astfel de superstiţii, de care nu puteau fi separate complet.

Cu toate acestea *Papirusul Edwin Smith*, datând cam de la 1600 î.Hr., dar considerat o copie după mai multe scrieri egiptene mai vechi, şi *Manualul de diagnostic* babilonian, datând cam de la 1050 î.Hr., descriu în detaliu şi raţional examenul, diagnosticul, tratamentul şi prognoza pentru numeroase afecţiuni.

Textul de căpătâi al medicinii chineze este *Huangdi neijing*, atribuit de obicei miticului Huangdi, sau Împăratul Galben, şi datând probabil din secolul al III-lea sau al IV-lea î.Hr. Descrie abordări empirice ale bolilor şi tratamente bazate pe filozofia daoistă, având ca scop restabilirea echilibrului dinamic al energiilor vitale din corp, în special *qi* (forţa vitală) şi fluxul de sânge, prin armonizarea trăsăturilor *yin* şi *yang* ale comportamentului şi ale organelor corpului.[3] Moştenirea sa este medicina tradiţională chineză practicată astăzi.

Pg.594

În India antică, *ayurveda*, care înseamnă cunoaşterea vieţii îndelungate, aplica metode raţionale în tratamentele medicale. Cele mai influente două texte ale sale aparţin şcolilor chakara şi sushruta, amândouă apărute pe la 600 î.Hr. Primul descrie opt ramuri ale medicinii, în timp ce al doilea cuprinde o gamă largă de tehnici chirurgicale incluzând chirurgia cataractei şi chirurgia plastică de reconstrucţie a nasului (care era adesea tăiat drept pedeapsă). *Ayurveda* aplica teoria celor cinci elemente din care este compus orice lucru din univers şi susţinea necesitatea unui echilibru între cele trei energii elementare sau umori pentru menţinerea stării de sănătate. Este o abordare asemănătoare cu cea din Grecia antică (vezi mai jos). Nu se cunoaşte dacă aceste concepte au apărut independent sau au fost rezultatul unui proces de transmitere culturală.

În Grecia antică s-au construit *asclepieia*, temple dedicate lui Asclepios, zeul medicinii, unde pacienţii veneau pentru tratament. Din aceste începuturi marcate de superstiţie au apărut în jur de 70 de texte medicale atribuite medicului din secolul al V-lea î.Hr. Hippocrate din Kos, dar scrise, cel mai probabil, de discipolii săi în decursul câtorva decenii. În aceste texte sunt descrise şi clasificate multe boli, tratamente - inclusiv chirurgicale - şi prognoze, bazate pe concepţia acelor vremuri, conform căreia totul în cosmos este alcătuit din patru elemente: foc, aer, apă şi pământ231. Prin corp circulă patru umori sau fluide - bila neagră, bila galbenă, flegma şi sângele - constând în amestecuri diferite ale celor patru elemente, iar aceste umori trebuie să rămână în echilibru pentru a asigura sănătatea corpului şi a minţii.

Disecţiile pe animale făcute de Aristotel au stimulat dezvoltarea ideilor despre anatomia şi fiziologia omului în perioada elenistică, culminând în perioada greco-romană cu numeroasele lucrări ale grecului Galen (cca 130-200 d.Hr.). Opera sa, în care a realizat sinteza şi dezvoltarea teoriilor lui Aristotel, Platon şi Hippocrate în domeniul anatomiei şi medicinii, adăugând chiar şi cele patru umori, a devenit canonică.

Până pe la 750 d.Hr. învăţaţii din imperiul musulman traduseseră în arabă lucrările şcolilor Charaka şi Sushruta, precum şi pe cele atribuite lui Hippocrate şi Galen, iar medicii, în special eruditul Ibn Sina (cunoscut în Occident drept Avicenna), au folosit şi au dezvoltat aceste idei. Magistrala enciclopedie a lui Avicenna, *Canonul medicinii*, încheiată în anul 1025, a fost tradusă în latină în secolul al XII-lea şi a devenit cea mai influentă carte de medicină nu numai în lumea musulmană, dar şi în Europa, până în secolul al XVII-lea.

Pg.595

La mijlocul secolului al XVI-lea totuşi, cercetările pe cadavre făcute de belgianul Andreas Vesalius, de la Universitatea din Padova, au evidenţiat cam 200 de erori în anatomia umană a lui Galen (ideile lui Galen se bazau pe disecţii făcute pe animale şi pe concluziile despre anatomia umană formulate în urma acestor studii). În 1628, medicul englez William Harvey a publicat Cercetarea anatomică despre mişcarea inimii şi sângelui la animale, în care descrie o serie de experimente care au dus la descoperirile sale referitoare la circulaţia sângelui şi la rolul jucat de acţiunea de pompare a inimii, care au demontat multe dintre ideile lui Galen. Astfel de studii empirice repetabile au marcat apariţia ştiinţei medicale moderne pornind de la rădăcinile sale din medicina antică.

Ştiinţele vieţii

Ştiinţele vieţii îşi au începuturile în clasificarea specimenelor zoologice făcută de Aristotel232 şi în cea a specimenelor vegetale făcută de Teofrast, discipolul care i-a urmat la conducerea Lyceum-ului.

Ştiinţele vieţii aşa cum sunt înţelese astăzi au apărut în secolul al XVII-lea, odată cu experimentele lui Harvey şi cu observaţiile realizate prin intermediul nou-inventatului microscop, precum cele ale lui Antonie van Leeuwenhoek, care a descoperit globulele roşii din sânge, spermatozoizii şi bacteriile.

Ştiinţele fizice

Cea mai veche dintre ştiinţele fizice este astronomia.

astronomie Studiu observaţional al sateliţilor naturali, planetelor, stelelor, galaxiilor şi materiei aflate deasupra

atmosferei terestre şi al mişcărilor lor.

Aşa cum am văzut în capitolul 27, dovezile oferite de alinierea megaliţilor europeni ridicaţi în urmă cu aproximativ 5.200 de ani au fost urmate de cataloagele stelare babiloniene, indiene, chineze şi maya[233]. Faptul că astronomia era folosită în slujba superstiţiilor nu ne împiedică să recunoaştem metodele ei de observare sistematică a fenomenelor naturale pe baza cărora s-au făcut măsurători şi predicţii precise.

Savanţii arabi au folosit traducerile lucrărilor de astronomie greceşti şi indiene pentru a dezvolta ştiinţa. Tot ei au înfiinţat observatoare, cel mai important fiind cel din Maragheh, Persia, din anul 1259. Nu există însă dovezi certe că astronomii arabi au fost primii care au spus că Pământul se roteşte. De regulă, se consideră că primul care a afirmat că Pământul se roteşte în jurul axei sale şi orbitează în jurul Soarelui, ca şi celelalte planete, a fost Nicolaus Copernic, erudit şi preot catolic. Cel mai probabil, s-a bazat pe

argumentele de ordin geometric ale astronomilor arabi, precum Ala al-Din Ibn al-Shatir, pentru a compila cea mai importantă lucrarea a sa, Despre revoluţiile sferelor cereşti, care contrazicea perspectiva biblică şi cea aristotelică potrivit cărora Pământul se află în centrul universului. A refuzat să-şi publice cartea până în 1543, anul morţii sale, deoarece se temea de reacţia Bisericii Catolice.[4]

Teoria lui Copernic a fost susţinută şi rafinată de astronomii Tycho Brahe şi Johannes Kepler, dar dovezile matematice şi observaţionale în sprijinul ei au fost furnizate abia la începutul secolului al XVII-lea, de Galileo Galilei, care a construit unul dintre primele telescoape şi a descoperit, printre altele, cei patru sateliţi naturali ai planetei Jupiter şi fazele planetei Venus.

Interacţiunea astronomiei cu filozofia naturală a jucat un rol major în apariţia fizicii.

fizică Ramură a ştiinţei care studiază materia, energia, forţa şi mişcarea şi relaţiile dintre ele.

Apariţia fizicii a trecut aproape neobservată la vremea respectivă, iar denumirea „filozofie naturală“ a fost folosită multă vreme chiar şi după ce s-au acumulat cunoştinţe prin metode empirice, diferite de cunoaşterea prin raţionament şi intuiţie oferită de filozofie.

De fapt, fizica aşa cum o înţelegem astăzi a început să înmugurească din filozofia naturală încă din secolul al Vl-lea d.Hr. Într-un experiment atribuit de obicei lui Galilei, deşi a avut loc cu mai bine de o mie de ani înainte de naşterea lui, Ioan Filopon a contrazis teoria lui Aristotel despre căderea corpurilor, aruncând două obiecte cu greutate foarte diferită şi arătând că ating pământul în acelaşi timp.[5] Acest mugure însă nu a înflorit. Opt secole mai târziu, un grup

de savanţi cunoscuţi drept calculatorii de la Oxford au introdus măsurătorile şi calculele în filozofia naturală creând conceptul de viteză; de asemenea, au făcut distincţia între căldură şi temperatură.[6] Nici acest mugure nu a înflorit.

Galilei citise despre experimentul lui Filopon. El a exprimat în termeni matematici acceleraţia uniformă a corpurilor în mişcare şi a pus în mare măsură bazele mecanicii pe care Isaac Newton a publicat-o în 1687, cu cele trei legi ale mişcării şi legea gravitaţiei universale, în urma cărora cosmologia lui Aristotel a fost abandonată. Experimentele lui Newton cu prisme care separă lumina albă în diferite culori au condus la teoria că lumina constă în corpuscule sau particule mici, care se supun legilor mişcării.

În perioada de aproximativ 150 de ani de la mijlocul secolului al XVI-lea până la sfârşitul secolului al XVII-lea, gândirea ştiinţifică apărută în special în Europa nu numai că a contrazis multe dintre ideile filozofiei naturale, astronomiei şi medicinii care îşi aveau rădăcinile în vremuri străvechi, dar a propus teorii noi, cu predicţii susţinute de observaţii şi experimente sistematice. Mai târziu a fost botezată „revoluţie ştiinţifică".

Pg.597

Apariţia ei a fost rezultatul a cinci factori sinergici. În primul rând, traducerea în latină a traducerilor şi dezvoltărilor arabe ale textelor antice greceşti din secolul al XII-lea a contribuit la conturarea Renaşterii. Revitalizarea culturii clasice a condus mai întâi la acceptarea autorităţii unor gânditori precum Aristotel şi Galen, deschizând apoi calea îndoielii în legătură cu ideile lor.

În al doilea rând, nevoia tot mai mare de cunoaştere a dus la creşterea numărului de universităţi în Europa renascentistă, unde ideile erau răspândite şi dezbătute.

În al treilea rând, tehnologia pentru supravieţuire s-a adaptat noii cunoaşteri şi a avut de câştigat. Fabricarea sticlei s-a rafinat în oraşele italiene Veneţia şi Florenţa în secolul al XIII-lea şi a folosit la crearea unor lentile pentru lupe şi apoi pentru ochelari care compensau slăbirea vederii. Totuşi, inventarea telescopului, atribuită producătorilor olandezi de ochelari, s-a petrecut abia în 1608. Unul dintre aceştia, Hans Lippershey, descoperise din întâmplare că privind prin două lentile de lungimi optice diferite, aliniate, obiectele aflate la distanţă se văd mai mari. El a numit acest instrument „sticla de spionare", deoarece voia să-l folosească pentru a spiona de la distanţă armatele inamice în timpul războiului.

Ştirea despre această invenţie s-a răspândit. În august 1609, matematicianul şi savantul Thomas Harriot a construit un telescop cu putere de mărire 6 pentru a observa Luna. Galilei a construit unul cu putere de mărire 20, cu ajutorul căruia a observat Luna, a descoperit

cei patru sateliţi ai lui Jupiter şi a clarificat problema nebuloaselor; şi-a publicat rezultatele în martie 1610.[7] Cu fiecare creştere a puterii de mărire a lentilelor se obţineau tot mai multe cunoştinţe despre corpurile cereşti şi mişcările lor.

Ceea ce a făcut telescopul pentru astronomie a făcut microscopul pentru ştiinţele vieţii.

Modalităţile de măsurare a timpului, precum ceasul solar, ceasul cu apă şi clepsidra, fuseseră inventate pentru scopuri astrologice/ astronomice, agricole, religioase şi altele. Totuşi, ceasul cu pendulă, inventat în 1665 de cercetătorul olandez Christiaan Huygens, a oferit o mult mai mare precizie şi a fost folosit pentru adunarea de date şi testarea de teorii în astronomie şi fizică.

În al patrulea rând, cunoaşterea s-a răspândit tot mai repede datorită unei alte invenţii tehnologice. Tiparul pe hârtie fusese inventat în China în secolul al IX-lea, pentru copierea şi distribuirea învăţăturilor lui Buddha, însă matriţa bazată pe caractere de metal mobile, inventată în anul 1439 de Johannes Gutenberg, a dus la creşterea vitezei de tipărire şi a volumului de tipărituri şi deci la diseminarea mai rapidă a noilor descoperiri şi teorii.

Pg.598

În al cincilea rând, dezvoltarea cooperării dintre cei stimulaţi de diseminarea cunoaşterii a dus la noi descoperiri. Competiţia era încă un factor puternic, fapt demonstrat, de exemplu, de încercările de patentare a telescopului şi de rivalităţile dintre oamenii de ştiinţă precum Newton şi Leib- niz, cu privire la inventarea calculului diferenţial. Totuşi, din ce în ce mai mult, oamenii de ştiinţă din noile generaţii au adoptat o abordare diferită, cooperând pentru dezvoltarea ideilor şi răspândirea informaţiilor despre descoperiri.

În anul 1652, un grup de medici din oraşul german Schweinfurt au întemeiat *Academia Naturae Curiosorum*, din care s-a dezvoltat apoi Academia Germană de Ştiinţe. În 1670, aceasta a editat prima revistă medicală şi ştiinţifică din lume. În 1660, un grup din care făceau parte Robert Boyle şi Christopher Wren a hotărât să se întâlnească săptămânal şi să schimbe informaţii, să discute şi să facă experimente. În anul următor primise deja recunoaştere oficială regală. Societatea Regală din Londra pentru Îmbunătăţirea Cunoştinţelor despre Natură, care a devenit apoi Societatea Regală, şi-a ales drept motto *Nullius in verba* (nu te încrede doar în vorbe) ca o expresie a hotărârii de a nu lua de bună nici o afirmaţie şi de a o verifica prin experiment şi observaţie. Această societate şi-a diseminat descoperirile în publicaţia *Proceedings ofthe Royal Society*. Un model asemănător a fost adoptat odată cu fondarea în 1666 a Academiei Franceze de Ştiinţe, a Academiei Prusace de Ştiinţe, în 1700, şi a Academiei Ruse de Ştiinţe, în 1725.

EVOLUŢIA GÂNDIRII ŞTIINŢIFICE

După ce a apărut, gândirea ştiinţifică s-a dezvoltat rapid, datorită factorilor deja menţionaţi şi mai ales datorită accesului tot mai larg la educaţie, dezvoltării de noi tehnologii destinate numai cercetării ştiinţifice, nu adaptate pornind de la cele deja existente, dezvoltării unor mijloace mai eficiente de copiere şi diseminare a informaţiei şi unei cooperări tot mai extinse.

Toate acestea au condus la o expansiune rapidă a cunoaşterii ştiinţifice, în urma căreia gândirea ştiinţifică s-a ramificat în domenii din ce în ce mai specializate, cu societăţi şi publicaţii proprii şi cu departamente de sine stătătoare în universităţi. Figura 29.1 este o încercare de ilustrare a acestui proces. Are în centru ramura filozofiei naturale prezentată în figura 28.2. Ca şi acea figură, este o imagine bidimensională a unui proces tetradimensional dinamic şi interactiv. Pentru mai multă claritate, nu sunt figurate toate ramurile şi subramurile.

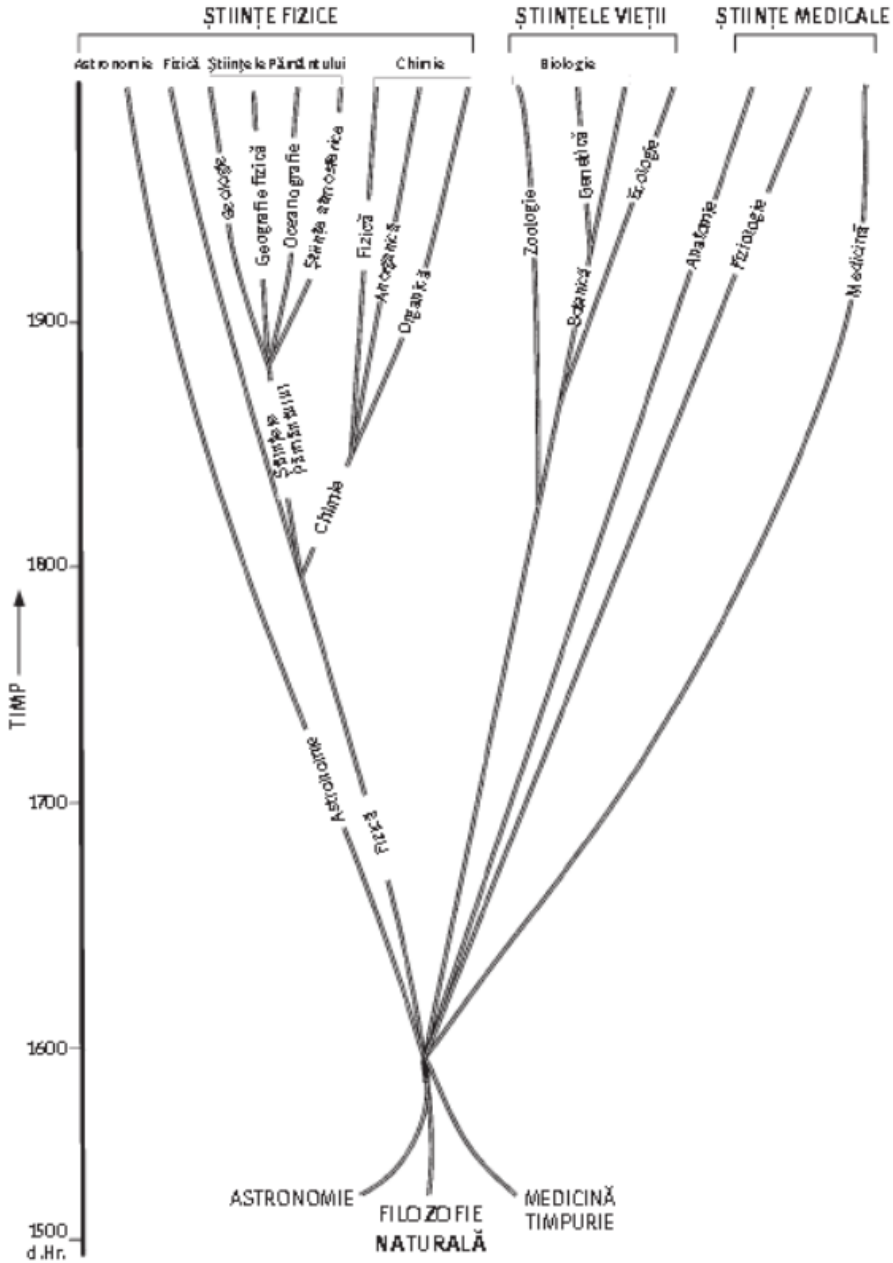


Figura 29.1 Dezvoltarea primelor ramuri ale ştiinţei din filozofia naturală. O imagine simplificată, bidimensională, a unui proces tetradimensional dinamic şi interactiv. Pentru mai multă claritate, nu sunt figurate toate ramurile şi subramurile. Interacţiunea superstiţiei cu filozofia naturală şi cu fizica, de exemplu, a jucat un rol important (vezi textul). Este dificil de stabilit momentul în care un nou mugure formează o subramură distinctă; prin urmare, scara temporală este o simplă estimare

Apariţia gândirii ştiinţifice nu i-a determinat pe cei care o practicau să renunţe la gândirea superstiţioasă. Dimpotrivă. Superstiţia, reprezentată în figura 28.2 ca o ramură majoră aflată în interacţiune cu filozofia naturală, a comunicat în continuare cu ştiinţa. John Dee, celebrul matematician, astronom, geograf şi hidrograf din secolul al XVI-lea, încerca să intre în legătură cu îngerii folosind rugăciuni, cristale, oglinzi, numere mistice şi alte metode magice. Observaţiile şi calculele lui Kepler au arătat că orbitele planetelor în jurul Soarelui sunt eliptice, nu circulare, dar el a continuat să practice astrologia, crezând că mişcările şi poziţia Lunii, Soarelui şi planetelor influenţează comportamentul şi soarta oamenilor. Newton, descris adesea drept părintele fizicii, dacă nu chiar al ştiinţei, şi-a dedicat cea mai mare parte a vieţii alchimiei, arta esoterică a transformării metalelor în aur şi descoperirii elixirului vieţii veşnice. Potrivit lui Anthony Gottlieb, istoric al filozofiei, Newton a scris mai mult de un milion de cuvinte într-un limbaj de neînţeles în legătură cu acest subiect.[8] Toate acestea confirmă tiparul conform căruia noile ramuri ale gândirii sunt în mod inevitabil împletite cu rădăcinile lor.

Înainte de a arăta cum şi de ce aceste ramuri timpurii ale gândirii ştiinţifice s-au ramificat ulterior, aşa cum se vede în figura 29.1, voi menţiona două tehnologii folosite de toate ramurile şi al căror progres demonstrează desfăşurarea rapidă a acestei etape a gândirii umane.

Prima tehnologie constă în instrumentele de calcul. Maşinile de calcul mecanic s-au dezvoltat în secolul al XVII-lea, versiunile mai sofisticate rămânând în folosinţă până în secolul XX. Totuşi, în a doua jumătate a secolului XX, computerele cu tranzistori folosind calculul şi stocarea digitale s-au dezvoltat datorită microprocesoarelor, făcând loc apoi computerelor cu 128 de biţi de memorie RAM şi, în anii ’70, PC-urilor şi apoi supercomputerelor precum **Titan**, destinat studiilor climatice. Prezentat în anul 2012, acesta execută 17,59 de mii de bilioane de calcule pe secundă, fiind de zece ori mai puternic decât cel mai puternic computer de până atunci.

A doua tehnologie constă în diseminarea cunoaşterii, care stimulează apariţia noilor idei. Maşina manuală de tipărit cu matriţă metalică a lui Gutenberg, din secolul al XV-lea, a devenit mult mai rapidă odată cu inventarea în 1810 a presei cu abur. Viteza şi volumul producţiei au crescut şi mai mult, reducând costurile materialului tipărit, odată cu inventarea plăcilor offset la începutul secolului XX. Totuşi, digitalizarea şi dezvoltarea, începând cu anii ’70, a reţelelor de computere, ducând la apariţia internetului, urmat de World Wide Web (WWW), nu numai că a favorizat diseminarea practic instantanee a informaţiei, ci a globalizat-o.

WWW a fost inventat în 1991 de Tim Berners-Lee, de la CERN

(*Centrul European de Cercetare Nucleară*), cu scopul de a împărtăşi informaţia ştiinţifică din domeniul fizicii nucleare. În 1993, când a devenit popular odată cu introducerea unui browser cu o interfaţă grafică şi CERN l-a pus gratuit la dispoziţia oricăror utilizatori, WWW a schimbat şi a democratizat accesul la informaţie. Înainte, lucrările ştiinţifice

erau publicate în revistele societăţilor ştiinţifice precum Societatea Regală şi circulau între membrii lor şi abonaţi precum bibliotecile universitare, mai ales din ţara de origine. Acum există versiuni digitale ale acestor reviste şi ale lucrărilor individuale, care pot fi descărcate de oricine, oriunde în lume, contra cost. În plus, resurse cu acces public precum arXiv (care a început cu fizica în 1991, dar apoi s-a extins şi la alte ştiinţe) şi PLoS (Public Library of Science, din 2003) le permit cercetătorilor să-şi facă cunoscută munca, fără nici un cost. Mulţi cercetători oferă de asemenea copii pentru descărcare gratuită pe site-urile lor, în timp ce motoare de căutare precum Google Scholar facilitează căutarea de publicaţii după tematică şi autori.

Ştiinţele fizice

Astronomia

Telescopul a fost inventat pentru spionarea armatelor inamice. Totuşi, odată ce a apărut astronomia modernă, după respingerea credinţei într-un univers având în centru Pământul, astronomii au dezvoltat tehnologii care să servească mai curând nevoilor lor decât altor scopuri.

Newton şi-a dat seama că telescopul refractor, care consta în două lentile de sticlă, ar da refracţii diferite ale luminii pentru culori diferite, drept care a dezvoltat telescopul reflector, care foloseşte oglinzi în locul lentilelor, pentru a elimina aberaţiile cromatice. Acest telescop, cu o construcţie din ce în ce mai sofisticată, a devenit principalul tip de telescop astronomic. Dacă la început oamenii observau cerul pe cont propriu, cu propriile instrumente, mai apoi s-au format echipe din ce în ce mai mari de astronomi şi tehnicieni, iar în urma cooperării lor a fost construit, de exemplu, *European Extremely Large Telescope*, situat în Chile şi planificat să intre în funcţiune din 2020. Oglinda sa principală va fi compusă din 798 de segmente hexagonale atingând un diametru total de 40 m şi va fi capabilă să capteze mai multă lumină decât toate celelalte telescoape existente pe planetă la un loc.[9]

Descoperirea din întâmplare, în 1931, a emisiilor naturale de unde radio din spaţiu l-a determinat pe inginerul Grote Reber să

construiască în curtea sa un telescop radio parabolic de 9 m cu ajutorul căruia în 1940 a localizat sursa lor, galaxia Calea Lactee. În 1957 departamentul de astronomie al Universităţii din Manchester a încheiat construirea unui radiotelescop de 76 m la Jodrell Bank, în nord-vestul Angliei, pentru a studia radiaţiile cosmice, meteorizii, cuasarii, pulsarii şi alte surse de unde radio şi de asemenea pentru a localiza sondele spaţiale.

Pg.602

Investigarea fenomenelor cosmice pe baza emisiilor şi absorbţiilor lor la frecvenţe din afara spectrului vizibil a avut drept rezultat dezvoltarea unor tehnologii tot mai avansate şi o cooperare tot mai extinsă, nu numai între membrii aceleiaşi universităţi. Observatorul Solar Orbital, o serie de opt sateliţi lansaţi între 1962 şi 1971 de NASA, a detectat imagini la lungimi de undă ultraviolete şi de raze X, care ar fi fost filtrate de atmosfera Pământului. Telescopul spaţial Hubble, lansat în 1990 de NASA şi operat nu numai de cercetătorii de la NASA, ci şi de cei de la Agenţia Spaţială Europeană, a obţinut imagini folosind lungimi de undă vizibile, ultraviolete şi apropiate de infraroşu. La sfârşitul secolului XX mai multe echipe internaţionale de astronomi au început să cartografieze secţiuni ale cerului în toate zonele spectrului electromagnetic, folosind analiza computerizată, imagistica digitală şi reconstrucţiile.

Fizica

Fizicienii se mândresc cu un aforism care spune că „dacă un biolog nu înţelege, îl întreabă pe un chimist; dacă un chimist nu înţelege, îl întreabă pe un fizician; iar dacă un fizician nu înţelege, îl întreabă pe Dumnezeu". Acest aforism reflectă realitatea că fizica este ştiinţa fundamentală, deoarece relaţiile dintre materie, energie, forţă şi mişcare stau la baza tuturor celorlalte ştiinţe fizice, care s-au ramificat din fizică pe măsură ce numărul din ce în ce mai mare de cunoştinţe a dus la apariţia unor domenii de studiu tot mai specializate.

Deşi pentru mai multă claritate în figura 29.1 fizica figurează ca o singură ramură, ea s-a ramificat în subramuri precum mecanica - ramificată la rândul ei în mecanica solidelor şi mecanica fluidelor, care include alte ramuri precum hidrostatica (forţele fluidelor în stare de repaus), hidrodinamica (forţele fluidelor în mişcare), aerodinamica şi pneumatica - acustica, optica, termodinamica, electricitatea statică şi curentă şi magnetismul.

Pe baza acestor domenii ale fizicii clasice, care studiau fenomene direct observabile, fizicienii au dezvoltat tehnologii pentru investigarea materiei şi energiei ce nu se pot observa în mod normal. În urma cercetărilor asupra deşeurilor radioactive pe care le-a desfăşurat la sfârşitul secolului al XlX-lea şi începutul secolului XX,

Ernest Rutherford a postulat existenţa nucleului atomic. Acest lucru a condus la începutul secolului XX la o a doua revoluţie ştiinţifică, marcată de formularea teoriei cuantice şi a teoriei relativităţii.

Astfel au apărut şi mai multe ramificaţii tot mai specializate ale fizicii atomice, precum fizica nucleară, fizica particulelor şi fizica plasmei.

Dacă în trecut fizicienii lucrau pe cont propriu, precum Einstein, sau în laboratoare mici, precum Rutherford şi J.J. Thomson, la Laboratorul Cavendish de la Cambridge, odată cu a doua revoluţie ştiinţifică cooperarea între cercetători şi chiar între ţări s-a dezvoltat tot mai mult. Cele 20 de state membre ale CERN, înfiinţat în 1954, susţin financiar construirea acceleratoarelor de particule concepute de fizicienii şi inginerii săi pentru studierea interacţiunilor dintre particulele elementare. În 2008 a început să funcţioneze cel mai mare şi mai complex produs tehnologic din toate timpurile, Marele Accelerator de Hadroni.

Pg.603

Fiecare dintre subramurile specializate ale fizicii are propriul subdepartament în cadrul departamentelor de fizică ale universităţilor şi propriile publicaţii specializate.

Chimia

O subramură care a fost recunoscută ca ştiinţă cu drepturi depline este chimia.

chimie Ramură a ştiinţei care investighează proprietăţile, compoziţia şi structura substanţelor şi modificările pe care acestea le suferă atunci când se combină sau intră în reacţie în condiţii determinate.

Îşi are rădăcinile în alchimie, în fabricarea manuală a muniţiei şi în remediile medicale. Dar nu se poate spune exact când a apărut ca ştiinţă în sensul actual al cuvântului. În special în spaţiul anglofon, acest moment îi este atribuit teologului şi fizicianului englez Robert Boyle, cunoscut mai ales pentru legile sale referitoare la proprietăţile gazelor. Se consideră că lucrarea sa *The Skeptical Chymist*, din 1661, a marcat desprinderea chimiei de arta ezoterică a alchimiei. Aceasta este însă o interpretare greşită a cărţii, care îi critică numai pe acei alchimişti care au renunţat în cercetările lor la orice fundament teoretic. Boyle a practicat alchimia până la sfârşitul vieţii.

Chimia s-a desprins pe deplin de rădăcinile ei superstiţioase şi a devenit o ramură a fizicii în ultimul sfert al secolului al XVIII-lea, prin eforturile unui grup de oameni de ştiinţă francezi în frunte cu Antoine Lavoisier. Deoarece alchimiştii şi fabricanţii de muniţie îşi desfăşurau munca în secret, compuşii şi interacţiunile primeau nume diferite, astfel încât comparaţiile şi testele independente erau dificile, dacă nu

chiar imposibile. Lavoisier a introdus o nomenclatură chimică nouă, care le-a permis chimiştilor să împărtăşească şi să-şi îmbogăţească cunoştinţele empirice, şi a scris primul manual de chimie, care includea un program de cercetare şi o metodologie cantitativă pentru viitorii chimişti.

Recunoaşterea ca ramură separată a ştiinţei a venit odată cu înfiinţarea unor societăţi precum Societatea de Chimie din Londra, în 1841, care a devenit Societatea Regală de Chimie, urmată de societăţi asemănătoare în Germania, SUA şi în alte locuri, şi a unor departamente separate în universităţi.

Creşterea gradului de cunoaştere şi înţelegere a dus la ramificarea acestei ramuri a ştiinţei. Chimiştii au recunoscut că proprietăţile compuşilor de origine biologică sunt foarte diferite de cele ale compuşilor de origine minerală, drept care unii dintre ei s-au specializat în ceea ce au denumit chimie organică. În 1828, Friedrich Wohler a descoperit că o moleculă organică poate fi compusă din molecule anorganice, astfel încât definiţia s-a schimbat. Chimia organică a devenit chimia carbonului şi compuşilor săi, iar chimia anorganică acoperea toate celelalte elemente, în timp ce chimia fizică studia proprietăţile fizice ale substanţelor, precum comportamentul lor electric şi magnetic şi interacţiunile lor cu câmpurile electromagnetice.

Pg.604

Aceste ramuri s-au ramificat în continuare în domenii specializate precum chimia organo-metalică, chimia polimerilor şi nanochimia.

Ştiinţele Pământului

Este încă şi mai dificil de stabilit momentul în care ştiinţele Pământului s-au desprins ca domeniu de sine stătător.

ştiinţele Pământului Ramuri ale ştiinţei care studiază originea, natura şi comportamentul Pământului şi părţilor sale componente, inclusiv interacţiunile dintre ele.

Între secolele al X-lea şi al XII-lea învăţaţii din imperiul musulman au scris despre astfel de lucruri. În partea a doua a compendiului său Cartea vindecării, publicat în 1027, eruditul persan Avicenna propune, pe baza studiilor de teren întreprinse în zona Uzbekistanului de astăzi, explicaţii pentru formarea munţilor, originea cutremurelor, formarea mineralelor şi fosilelor şi alte subiecte care ţin astăzi de geologie şi meteorologie.[10] La sfârşitul secolului al XV-lea, Leonardo da Vinci a făcut speculaţii corecte despre natura fosilelor şi rolul râurilor în eroziunea solului şi în stratificarea rocilor sedimentare.

Se poate spune că ştiinţele Pământului au apărut ca disciplină separată în 1795, când James Hutton[234] şi-a publicat teoria despre uniformism, care spune că procesele de modelare a Pământului pe

care le observăm astăzi, precum eroziunea, vulcanismul şi altele, au fost răspunzătoare de modelarea sa şi în trecut. Rezultă că Pământul are o vechime mult mai mare decât cea calculată în Biblie, iar trăsăturile sale nu au rezultat în urma unor evenimente catastrofice precum potopul de pe vremea lui Noe.

Ştiinţele Pământului s-au dezvoltat în patru ramuri ce interacţionează: geologia, studiul crustei Pământului (litosfera), care s-a ramificat la rândul ei în mineralogie, petrologie, paleontologie şi sedimentologie; geografia fizică, studiul suprafeţei Pământului; oceanografia; ştiinţele atmosferice.

Ştiinţele vieţii

În capitolul 16, în care este descrisă evoluţia ideilor despre evoluţia biologică, am arătat cum au apărut ştiinţele vieţii.

Pg.605

Dezvoltarea acestui domeniu, desemnat la vremea aceea drept istorie naturală, de care se ocupau mai ales clericii şi oamenii înstăriţi, până la nivelul ştiinţelor vieţii de astăzi, a avut ca resort nu numai invidia faţă de fizică - dorinţa de a conferi biologiei o bază matematică[235] -, ci şi progresele tehnologice. Creşterea puterii de mărire a microscopului cu o singură lentilă al lui Leeuwenhoek a fost obţinută prin inventarea şi dezvoltarea unui microscop compus, care putea mări de maximum 2000 de ori, limită impusă de lungimea de undă a luminii vizibile; acesta a fost eclipsat în anii 1930 odată cu inventarea microscopului electronic, care acum poate mări de peste un milion de ori.

Imagistica cu raze X, care s-a dezvoltat la începutul secolului XX în urma descoperirii făcute de Rontgen în 1895, a permis vizualizarea unor elemente precum structura scheletului sub piele şi ţesuturi, iar în 1953, cu ajutorul difracţiei cu raze X, a fost identificată structura ADN-ului, moment care a marcat începutul unei noi epoci în biologia moleculară[236].

Rata inovaţiilor tehnologice a crescut şi mai mult în a doua jumătate a secolului XX cu tehnici precum spectroscopia prin rezonanţă magnetică nucleară (RMN), pentru studiul structurii moleculare, măsurarea ratei metabolice, imagini ale structurilor interne moi, precum muşchii şi tendoanele, tomografia cu emisie de pozitroni (PET), pentru monitorizarea activităţii metabolice sau biochimice cu un trasor radioactiv injectat în sânge, şi fMRI (imagistica funcţională prin rezonanţă magnetică), pentru cartografierea activităţii neuronale din creier.

Biologia s-a ramificat în zoologie - având la rândul ei ca subramuri discipline specializate precum etologia (comportamentul animalelor), entomologia (studiul insectelor), biologia marină, ornitologia şi

primatologia - şi botanică, din care s-a desprins genetica, la începutul secolului XX.

Bogăţia de date obţinute cu ajutorul tehnologiilor din ce în ce mai sofisticate şi răspândirea lor au dus la ramificarea continuă a ştiinţelor vieţii, în a doua jumătate a secolului XX, în domenii tot mai specializate precum neuroştiinţele, biologia celulară, biologia moleculară, genomica şi bioinformatica.

Un exemplu grăitor pentru cooperarea tot mai extinsă este Proiectul Genomului Uman iniţiat în 1990. Finanţat în special de Institutul Naţional de Sănătate din SUA şi de o fundaţie caritabilă din Anglia, Wellcome Foundation, acest proiect a adunat mii de geneticieni din peste 100 de laboratoare din SUA, Anglia, Japonia, Franţa, Germania, Spania şi alte 13 ţări care au lucrat împreună peste 13 ani pentru a crea o hartă a genomului uman. Desigur, competiţia nu a dispărut. Corporaţia Celera Genomics, condusă de Craig Venter, a urmărit acelaşi obiectiv, dorind să-şi patenteze rezultatele şi să le exploateze pentru profit.

Pg.606

Ştiinţele medicale

Potrivit lui Sherwin B. Nuland, profesor de chirurgie clinică la Yale, medicii au folosit tratamente bazate pe vechea idee a umorilor corpului timp de aproape trei secole după ce s-a demonstrat empiric că este greşită.[11] Totuşi, ştiinţele medicale au evoluat, în special din al doilea sfert al secolului XX, aplicând multe dintre tehnologiile folosite de ştiinţele vieţii, şi s-au ramificat la rândul lor în discipline specializate.

Una dintre cele mai semnificative dezvoltări a constat în tehnologia ingineriei genetice, prin care sunt introduse în celulele unui organism gene noi sau modificate. Această tehnică a fost folosită pentru a obţine medicamente precum insulina şi hormonul de creştere uman. Cea mai spectaculoasă aplicaţie planificată va fi terapia genelor umane prin înlocuirea genelor defectuoase implicate în circa 3000 de afecţiuni. Deşi conceptul este relativ simplu, după optimismul de la începutul anilor ’90 progresele au încetinit, din cauza unor probleme legate de implementare şi de eliminarea efectelor secundare fatale care apar în urma folosirii vectorilor retrovirali pentru inserarea genelor în genom.

Psihologia

Psihologia, o ştiinţă mai nouă, care a apărut la sfârşitul secolului al XlX-lea, îşi are rădăcinile în filozofie.

psihologie Ramură a ştiinţei care investighează procesele mentale şi comportamentele indivizilor şi grupurilor.

Denumirea sa provine din cuvântul grecesc psyche, care înseamnă suflet sau suflu, şi are înţelesul de studiu al minţii. În secolul al XVII-lea filozoful şi matematicianul francez Rene Descartes a făcut următoarea distincţie dintre corp şi minte: corpul este alcătuit din materie, măsurabilă şi divizibilă; mintea este o entitate complet diferită, fără corporalitate, indivizibilă şi nonspaţială a cărei funcţie este gândirea. Aceasta este perspectiva filozofică numită dualism.

dualism Speculaţia sau credinţa că există două componente fundamentale ale universului: materia şi mintea, sau conştiinţa.

Desprinderea ştiinţei psihologiei din filozofie a început în 1879, când fiziologul Wilhelm Wundt a înfiinţat primul laborator de psihologie, la Universitatea din Leipzig, pentru studierea experimentală a senzaţiilor, memoriei şi învăţării. Munca sa a atras studenţi din întreaga lume, iar în 1881 a fondat prima revistă pentru prezentarea rezultatelor psihologiei experimentale. În 1890, William James, filozof şi profesor de fiziologie la Harvard, a publicat *Principles of Psychology*, în care a adoptat abordarea experimentală, dar a evidenţiat şi experienţa subiectivă a minţii. Asociaţiile profesionale şi departamentele universitare de psihologie şi filozofie s-au separat abia în secolul XX.

Pg.607

După aceea, psihologia s-a dezvoltat rapid, ramificându-se, în funcţie de scopul, obiectul şi metoda de studiu, în numeroase discipline şi şcoli de gândire care se întrepătrund. Scopurile comune sunt fie acumularea de cunoaştere şi înţelegere, fie aplicarea acestei cunoaşteri. Printre ramurile psihologiei aplicate se numără cele ale psihologiei clinice - vizând vindecarea unor afecţiuni precum schizofrenia şi depresia -, ale psihologiei educaţionale - de exemplu psihologia copilului - sau ale psihologiei motivaţionale - de exemplu psihologia sportivă. Printre obiectele de studiu se numără memoria, învăţarea, emoţiile, personalitatea şi comportamentul de grup, în timp ce metodele variază de la folosirea medicaţiei, hipnoză, psihanaliză, chestionare şi experimente până la tehnici ale neuroştiinţelor precum PET şi RMN. Printre cele mai importante şcoli se numără behaviorismul, şcoala freudiană şi şcoala jungiană. În capitolul 24 am discutat două idei behavioriste care au avut o foarte mare influenţă la începutul şi mijlocul secolului XX - reflexul condiţionat al lui Pavlov şi condiţionarea operantă a lui Skinner - şi am conchis că nu au reuşit să explice de ce oamenii gândesc şi se comportă aşa cum o fac237.

La începutul anilor 1960 cele mai multe dintre aceste discipline se mutaseră din departamentele universităţilor în spitale, clinici, cabinete private şi companii. Mă voi concentra în continuare asupra a două dintre numeroasele subramuri ale psihologiei, care încearcă să răspundă la întrebarea centrală a acestei investigaţii: ce suntem?

Francis Crick care a primit împreună cu alţi trei colegi Premiul Nobel pentru descoperirea structurii ADN-ului, a răspuns succint la această întrebare în cartea sa din 1994, *The Astonishing Hypothesis:*

> Ipoteza uimitoare este că „Tu", bucuriile şi durerile tale, amintirile şi ambiţiile tale, identitatea personală şi liberul-arbitru sunt de fapt comportamentul unui vast ansamblu de celule nervoase şi al moleculelor asociate lor.[12]

La fel ca majoritatea oamenilor de ştiinţă, Crick a respins dualismul lui Descartes în favoarea monismului:

> **monism** Speculaţia sau credinţa că toate lucrurile care există sunt formate din sau sunt reductibile la aceeaşi realitate fundamentală sau la acelaşi principiu de existenţă,

Pg.608

cu versiunea sa numită fizicalism:

> **fizicalism** Speculaţia sau credinţa că numai materia fizică este reală şi că toate celelalte lucruri, precum mintea, conştiinţa sau gândurile, vor fi explicate în cele din urmă ca lucruri fizice sau ca interacţiuni ale acestora. Numit şi materialism, fizicalismul cuprinde o perspectivă mai largă asupra caracterului fizic decât cea care se rezumă la materie, luând în considerare, de exemplu, forţe nonmateriale care au la bază materia, precum gravitaţia.

Perspectiva lui Crick poate fi considerată o formă de reducţionism ontologic. Nu suntem în nici un caz numai comportamentul neuronilor noştri şi al moleculelor asociate. Neuronii transmit impulsurile electrice ca răspuns la stimuli, dar neuronii şi reţelele lor nu înţeleg conţinutul informaţional al acestor impulsuri.

Chiar dacă am conveni că mintea noastră este generată de neuroni şi de interacţiunile dintre ei, mintea nu este acelaşi lucru cu creierul. De exemplu, decizia ta de a-ţi împuşca vecinul provoacă în creierul tău activarea unor neuroni care trimit semnale pentru a activa muşchii braţului şi degetelor tale ca să poţi apuca arma, s-o îndrepţi spre vecin şi să apeşi pe trăgaci. Dar nu neuronii din creierul tău iau această decizie.

Mai mult, neuropsihologia, sau cel puţin cea despre care vorbeşte Crick, nu a fost capabilă să furnizeze observaţii sau experimente independente şi verificabile pentru a explica ce înseamnă să ai o experienţă subiectivă a fenomenelor, precum conştiinţa de sine, sentimentul de mândrie, trăirile stârnite de muzică sau de vederea unei culori (denumite *qualia*). Problema este descrisă de doi specialişti în neuroştiinţe, V.S Ramachandran şi Colin Blakemore:

> Enigma ce înconjoară *qualia* este cel mai bine ilustrată printr-un experiment mental. Imaginaţi-vă un specialist în neuroştiinţe

dintr-un secol viitor, care cunoaşte perfect funcţionarea creierului - inclusiv mecanismul vederii cromatice -, dar care se întâmplă că nu distinge culorile şi nu poate să facă diferenţa dintre roşu şi verde. Foloseşte cele mai avansate tehnici de scanare pentru a genera o descriere completă a tuturor evenimentelor electrice şi chimice din creierul unui om normal care se uită la un obiect de culoare roşie. Analiza funcţională poate să pară completă, dar cum poate fi aşa fără o explicaţie a naturii experienţei unice a vederii culorii roşii, pe care cercetătorul nu a avut-o niciodată? Există o prăpastie epistemologică adâncă între descrierea evenimentelor fizice ale creierului şi experienţele personale şi subiective despre care presupunem că sunt asociate cu aceste evenimente.[13]

Până când neuropsihologia va putea să explice empiric astfel de experienţe subiective, răspunsul lui Crick la întrebarea acestei investigaţii trebuie să rămână mai curând în domeniul filozofiei decât în cel al ştiinţei, şi chiar şi acolo argumentul său nu se susţine.

Psihologia evoluţionista

Cealaltă subramură a psihologiei care încearcă să răspundă la întrebarea „ce suntem?“ este psihologia evoluţionistă: ce suntem, adică ce gândim, ce simţim şi cum ne comportăm, este determinat de acumularea timp de mii de generaţii a mutaţiilor aleatorii răspunzătoare de mecanismele psihologice selectate în mod natural pentru a oferi un avantaj adaptativ în competiţia pentru supravieţuire a strămoşilor noştri din epoca de piatră. Aşa cum au spus Lena Cosmides şi John Tooby, codirectori ai Centrului pentru Psihologie Evolutivă al Universităţii din California, Santa Barbara, *„craniul nostru modern adăposteşte o minte din epoca de piatră“*.[14]

Afirmaţiile psihologilor evoluţionişti, care susţin de exemplu că mintea umană constă într-o vastă colecţie de module computaţionale distincte, fiecare modelat prin selecţie naturală pentru a rezolva o anumită problemă a epocii de piatră, sunt extrem de discutabile. Metodele lor sunt modelele matematice centrate pe gene şi pe teoria jocurilor din sociobiologie. Nu voi mai expune aici din nou defectele considerabile ale acestor modele, despre care am vorbit în capitolul 23[238] şi care se dovedesc şi mai deficiente atunci când sunt aplicate fiinţelor umane reflexive. Dovezile contrazic afirmaţiile psihologilor evoluţionişti. De exemplu, dacă te-ai născut şi ai fost educat în Tibet, e mult mai probabil să gândeşti şi să te comporţi ca un budist decât dacă te-ai fi născut şi ai fi fost educat în Arabia Saudită, unde e mult mai probabil să gândeşti şi să te comporţi ca un musulman, iar dacă te-ai fi născut şi ai fi crescut în Falls Road, Belfast, ar fi mult mai

probabil să fii un catolic care-i urăşte pe protestanţii născuţi şi crescuţi în Shankill Road, de cealaltă parte a unui „zid al păcii“ înalt de 12 m.

În faţa unor asemenea dovezi unii psihologi evoluţionişti au renunţat la explicaţia rigidă a naturii umane care susţine că suntem nişte marionete ale genelor noastre. Ei propun în schimb ipoteza mediului adaptărilor evolutive, care spune că există o natură umană fundamentală, programată genetic pentru supravieţuirea în epoca de piatră, şi că acest lucru determină gândirea, comportamentul şi emoţiile, precum mândria şi vina. Totuşi, există şi un program de dezvoltare controlat genetic care absoarbe informaţia din mediul social şi modelează mintea aflată în proces de maturizare - este practic vorba de un reglaj fin al acestor facultăţi fundamentale, astfel

Pg.610

încât, de exemplu, unii simt mai pregnant vina decât alţii. Am moştenit aceste gânduri, comportamente şi emoţii din epoca de piatră.[15] Nu există dovezi care să susţină această încercare speculativă de a raţionaliza deficienţele determinismului genetic. În plus, această ipoteză nu reuşeşte să explice felul în care gândirea umană, precum cea implicată în inventarea mecanicii cuantice pentru a explica interacţiunile particulelor subatomice sau în compunerea unei simfonii, a rezultat din natura umană programată genetic pentru supravieţuirea în epoca de piatră.

Următorul pas în trecerea către perspectiva care privilegiază mediul ca factor care influenţă ceea ce suntem este ipoteza coevoluţiei gene-cultură sau a moştenirii duale; aceasta susţine că ceea ce suntem şi felul în care ne comportăm rezultă din interacţiunea a două mecanisme evolutive diferite: mecanismul genetic şi cel cultural. Nici această perspectivă nu este lipsită de probleme. De exemplu, unele studii confirmă, pe când altele infirmă existenţa unei baze genetice a homosexualităţii. Cele care susţin că există se înscriu în perspectiva neodarwinistă. În consecinţă, trebuie să explice cum de o astfel de combinaţie de gene este transmisă şi se acumulează în fondul genetic uman de-a lungul mai multor generaţii, având în vedere că homosexualii sunt mult mai puţin susceptibili să aibă copii şi să transmită respectivele gene. Încercările de acest fel[16] sunt în cel mai bun caz neconvingătoare.

Nu se poate nega că genele au jucat un rol în evoluţia biologică umană sau că ar putea să joace un rol în evoluţia gândirii, emoţiilor şi comportamentului oamenilor. Totuşi, aşa cum am văzut în partea a doua, în ciuda afirmaţiilor neodarwiniste, complexitatea rolului acestora, influenţa pe care o exercită şi interacţiunea pe care o au cu mediul în evoluţia biologică sunt insuficient înţelese în prezent. De aceea, cei care susţin determinismul genetic în domeniul psihologiei o fac cu mai puţină siguranţă.

Pentru a avea tabloul complet, voi adăuga că facultatea conştiinţei reflexive le dă oamenilor nu doar posibilitatea să-şi depăşească moştenirea genetică, ci şi pe aceea de a-şi depăşi moştenirea culturală: mulţi dintre cei născuţi şi crescuţi în Falls Road au gândit că este greşit din punct de vedere moral să-i urască pe protestanţii care trăiesc de cealaltă parte a „zidului păcii“ şi militează pentru dărâmarea acestuia.

Interactivitatea şi subramurile hibride

Imaginea bidimensională din figura 29.1 nu arată ştiinţele psihologice sau alte ştiinţe sociale, precum arheologia, antropologia şi sociologia, care s-au ramificat din ştiinţele vieţii la sfârşitul secolului al XlX-lea.

De asemenea, nu ilustrează nici abundenţa de subramuri şi nici interacţiunile dintre ele în urma cărora rezultă subramuri noi, hibride, precum astrofizica, astrochimia, biogeografia şi biochimia.

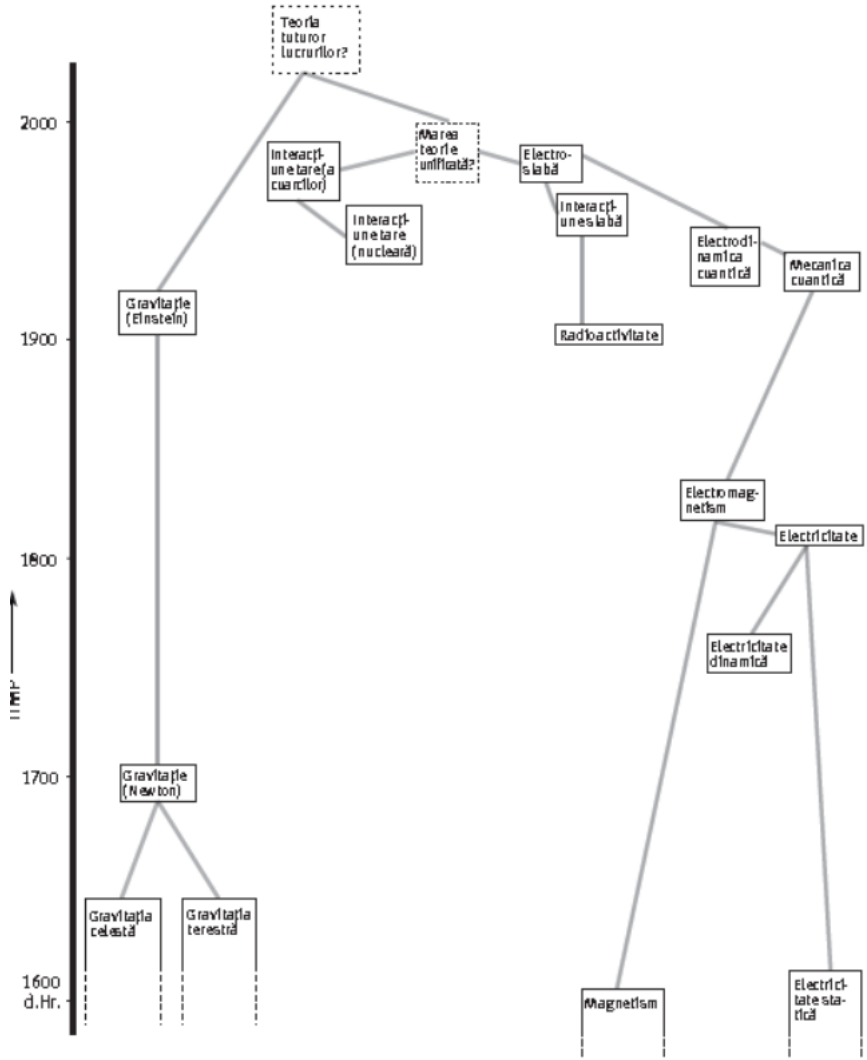


Figura 29.2 Convergenţa principalelor ramuri ale fizicii către o singură teorie care descrie toate interacţiunile dintre toate formele de materie .

Tendinţa convergentă

Figura 29.1 ilustrează modelul ramificării divergente a gândirii ştiinţifice de la sfârşitul secolului al XVI-lea. În opoziţie cu această tendinţă dominantă, există şi o tendinţă convergentă, în frunte cu ştiinţa fundamentală a fizicii.

Pg.612

Figura 29.2 se bazează pe expunerea descoperirii celor patru forţe fundamentale ale naturii din capitolul 8, pentru a ilustra această tendinţă. Începuturile ei datează de la sfârşitul secolului al XVII-lea,

când Newton a stabilit că forţa care face obiectele să cadă pe pământ este aceeaşi forţă care face planetele să orbiteze în jurul Soarelui şi lunile să orbiteze în jurul planetelor lor. Curentul electric a fost descoperit la mijlocul secolului al XVIII-lea şi considerat o manifestare a puterii electricităţii statice, care era cunoscută încă din Antichitate, iar în primul sfert al secolului al XlX-lea fizicienii au demonstrat că forţa electrică şi cea magnetică sunt aspecte diferite ale forţei electromagnetice.

Înţelegerea faptului că la baza unor fenomene fizice aparent diferite stă aceeaşi cauză s-a accelerat în secolul XX. Fizicienii au teoretizat că forţa electromagnetică în sine şi forţa nucleară slabă - interacţiunea dintre particulele elementare care este răspunzătoare pentru dezintegrarea nucleară şi care este cu câteva ordine de mărime mai slabă decât forţa electromagnetică - sunt manifestări particulare ale aceleiaşi forţe, pe care au numit-o forţă electroslabă sau interacţiune electroslabă. Teoria a prezis existenţa unor noi particule, descoperite de experimentalişti.

Fizicienii teoreticieni au creat apoi mai multe modele matematice pentru o Mare Teorie Unificată, care uneşte forţa electroslabă şi forţa nucleară tare, cea mai puternică dintre toate forţele cunoscute, care acţionează numai pe distanţe foarte mici în cadrul nucleului atomic şi leagă laolaltă particule din nucleu, deşi nu s-au găsit până acum date experimentale care să valideze vreunul dintre aceste modele[239].

Totuşi, ţinta fizicii este să unească aceste teorii, care caută să explice interacţiunile dintre fenomene la o scară foarte mică - de dimensiunea unui atom sau mai mică - cu ajutorul teoriei relativităţii, care explică interacţiunile la o scară foarte mare - de dimensiunea unei stele sau mai mare - într-o teorie a tuturor lucrurilor[240]. Printre teoriile care aspiră la acest lucru se numără mai multe versiuni ale teoriei corzilor şi teoria gravitaţiei cuantice în buclă. Deşi în prezent nu se cunoaşte vreo cale prin care să putem supune testărilor empirice aceste ipoteze[241], obiectivul fizicii teoretice, mai ales în ultimii douăzeci şi cinci de ani, este de a încerca să demonstreze că toate fenomenele fizice din univers sunt manifestări energetice de un nivel inferior ale unei energii fundamentale de la începuturile universului.

Rezultatele gândirii ştiinţifice

Pg.613

Un rezultat al acestei etape a evoluţiei umane este creşterea cunoaşterii empirice. Figura 29.1 nu o cuprinde în toată amploarea sa. Potrivit lui Derek de Solla Price, istoric al ştiinţei,

> toate măsurătorile simple, oricum s-ar fi ajuns la ele, arată la o primă aproximare că ştiinţa se dezvoltă exponenţial, cu o dobândă compusă de circa 7% pe an, dublându-şi astfel volumul

la fiecare 10-15 ani, crescând cu un factor de 10 la fiecare jumătate de secol şi cu un factor aproape de un milion în cei 300 de ani care ne separă de inventarea lucrării ştiinţifice în secolul al XVII-lea, când a început procesul.[17]

Principala sa măsură a fost creşterea numărului de publicaţii ştiinţifice până în 1960. Peder Olesen Larsen şi Markus von Ins au monitorizat această creştere în perioada 1907-2007 şi au tras concluzia că nu există semne că această rată ar fi scăzut în ultimii 50 de ani.[18] Mai mult, aşa cum am spus mai înainte în acest capitol, de la sfârşitul secolului XX şi până acum trebuie să adăugăm la creşterea numărului de lucrări ştiinţifice şi pe cele publicate pe site-urile cu acces liber precum arXiv, PLoS şi pe paginile cercetătorilor.

Revenind la ramurile ştiinţifice individuale, o măsură a rezultatelor gândirii ştiinţifice în ştiinţele medicale este speranţa de viaţă la naştere, ilustrată în tabelul 29.1.

Deşi acestea sunt estimări aproximative, cu excepţia celor făcute recent, uimitoare este creşterea semnificativă a speranţei de viaţă în ultimii 100 de ani în ţările dezvoltate din punct de vedere ştiinţific, precum SUA, care demonstrează fără echivoc că aceasta nu poate fi atribuită selecţiei naturale. Şi nu a fost vorba de o simplă prelungire a vieţii afectate de boală, ci de o extindere a vieţii active.[19] Cea mai rezonabilă explicaţie este evoluţia corelată a ştiinţelor medicale, care a produs o înţelegere a bolilor şi a dezvoltării măsurilor pentru combaterea lor. De exemplu, apa potabilă, canalizarea, colectarea deşeurilor, controlul alimentar, programele pentru controlul ţânţarilor şi programele de educaţie sanitară au redus drastic răspândirea multor boli infecţioase.

Perioada	Speranţa de viaţă la naştere (ani)
Neolitic (începând acum cca 10.500 de ani în Orientul Mijlociu)	21
Grecia antică şi Roma antică (acum cca 2.800–1.500 de ani)	28
New England (America colonială) cca 1800 d.Hr.	35
SUA cca 1900 d.Hr.	47
SUA cca 2000 d.Hr.	77
Ţările industrializate începutul secolului XXI	78

Surse: Oded Galor, Omer Moav, „The Neolithic Revolution and Contemporary Variations in Life Expectancy", *Working Papers*, Economics, Brown University, 2007; „Mortality", *Encyclopædia Britannica Online*, 2013; „Life Expectancy", *Gale Encyclopedia of American History*, 2006.

Tabelul 29.1 Speranţa de viaţă la naştere începând din neolitic.

Vaccinurile au eliminat aproape complet bolile comune din trecut

precum difteria, poliomielita, variola, varicela, oreionul şi rubeola. Pe lângă tehnologiile folosite pentru diagnosticare, menţionate mai devreme, această perioadă a cunoscut dezvoltarea unor intervenţii chirurgicale tot mai complicate, inclusiv a transplanturilor de rinichi, inimă şi alte organe.

În partea întâi a acestei cărţi şi în primul capitol din partea a doua am evidenţiat rezultatele majore ale gândirii ştiinţifice în ştiinţele fizice care au produs creşterea rapidă a cunoaşterii şi înţelegerii noastre cu privire la originea şi evoluţia universului şi la felul în care Pământul a devenit o planetă capabilă să susţină viaţa, împreună cu limitele curente ale acestei cunoaşteri şi înţelegeri. În restul părţii a doua am făcut acelaşi lucru pentru ştiinţele vieţii, în termenii apariţiei şi evoluţiei vieţii în general, în timp ce în partea a treia încerc să arăt rezultatele cunoaşterii şi înţelegerii cu privire la apariţia şi evoluţia noastră obţinute nu numai de ştiinţele fizice şi de ştiinţele vieţii, dar şi de ştiinţele sociale.

Această creştere geometrică a cunoaşterii - o realizare remarcabilă pentru gândirea ştiinţifică - a condus inevitabil la o tot mai mare specializare a gândirii ştiinţifice, demonstrată de creşterea numărului de publicaţii ştiinţifice, fiecare dintre ele centrată pe un anume domeniu de cercetare. Totuşi, distinsul entomolog şi gânditor Edward O. Wilson trage un semnal de alarmă:

> Marea majoritate a oamenilor de ştiinţă nu au fost altceva decât simpli prospectori. Acest lucru este cu atât mai adevărat în ziua de astăzi. Ei au o specializare profesională îngustă; educaţia nu-i orientează către contururile mai largi ale lumii. Dobândesc instruirea necesară pentru a călători până la frontieră şi a face descoperiri pe cont propriu, cât mai repede cu putinţă, pentru că viaţa la limită este costisitoare şi nesigură. Cei mai productivi oameni de ştiinţă, instalaţi în laboratoare de milioane de dolari, nu au timp să se gândească la imaginea de ansamblu şi nu o consideră prea profitabilă. [...] De aceea, nu e surprinzător să întâlneşti fizicieni care nu ştiu ce este o genă şi biologi care presupun că teoria corzilor are de-a face cu viorile. În domeniul ştiinţei, bursele şi distincţiile sunt acordate pentru descoperiri, nu pentru erudiţie şi înţelepciune.[20]

A fi un om de ştiinţă de succes înseamnă astăzi să-ţi construieşti o carieră în chimia coloidală sau în paleoarheologie sau în studiul cimpanzeilor sau într-un alt domeniu chiar şi mai specializat. Această specializare pronunţată a dus la cunoştinţe mai profunde, dar şi la prăpăstii în privinţa competenţelor între cei care le practică; uneori acestora le e greu să se implice într-un dialog de substanţă cu alţi specialişti, în afară de studiile interdisciplinare asupra aceluiaşi subiect îngust.

Puţini oameni de ştiinţă îşi depăşesc domeniul de specialitate pentru a formula întrebări fundamentale referitoare la existenţa omului, precum întrebarea „ce suntem?“. Iar cei puţini care îşi pun astfel de întrebări rareori se angajează într-o dezbatere deschisă. Prea adesea sunt incapabili să aibă o imagine mai amplă şi au tendinţa să lanseze o salvă de puncte de vedere din perspectiva pregătirii, intereselor şi disciplinei academice înguste în limitele căreia şi-au petrecut viaţa profesională.

Specializarea accentuează de asemenea credinţa în reducţionismul ştiinţific - analiza părţilor componente ale unui fenomen pentru a înţelege ce este şi cum funcţionează - ca unică metodă de investigaţie ştiinţifică. Acest instrument analitic a contribuit mult la adâncirea cunoaşterii fenomenelor naturale şi poate să explice satisfăcător esenţa şi comportamentul unui sistem relativ simplu şi izolabil, cum ar fi cauza pentru care un cristal de sare se dizolvă în apă. Puterea sa explicativă devine însă cu atât mai puţin eficientă cu cât fenomenul este mai complex şi mai greu de izolat. După cum am spus în capitolul 13, reducţionismul are limite considerabile atunci când este folosit pentru a explica şi a defini viaţa[242]. Limitele sale sunt încă şi mai evidente atunci când încearcă să explice ce sunt oamenii, aşa cum am văzut din concluzia simplistă a lui Crick.

Mai mult decât atât, se pune întrebarea cât de departe poate merge reducţionismul. Poate că Crick a considerat că reducerea la nivelul unei celule poate să ofere o explicaţie completă a conştiinţei, dar de ce să ne oprim aici? Să reducem în continuare la nivelul moleculelor şi apoi al atomilor, al particulelor subatomice, până ajungem la nivelul cuantic. Anumite interpretări ale teoriei cuantice necesită observarea conştientă a câmpului cuantic înainte să colapseze în materie[243]. Dacă aceste interpretări sunt corecte, atunci conştiinţa nu poate rezulta din fenomene materiale precum neuronii şi interacţiunile lor.

În ceea ce priveşte reducţionismul, fizicianul David Bohm comenta:

> O schimbare centrală, relevantă în ordinea descriptivă cerută de teoria cuantică, este deci eliminarea conceptului de analiză a lumii în părţi relativ autonome, existente separat, dar în interacţiune. Mai degrabă, accentul fundamental este pus acum pe plenitudinea nedivizată.[21]

Ca şi Bohm, cei mai mulţi dintre pionierii teoriei cuantice au adoptat o versiune a monismului diferită de fizicalism, numită idealism.

> **idealism** Speculaţia sau credinţa că lucrurile materiale nu există independent, ci doar ca o construcţie a minţii sau a conştiinţei.

Când se aplică pentru formularea unor răspunsuri la întrebări fundamentale legate de existenţa omului, un astfel de monism idealist converge către intuiţia mistică obişnuită. Mulţi teoreticieni ai fizicii cuantice au ajuns să susţină vederi similare cu cele ale misticilor. Erwin Schrodinger, cel care a creat ecuaţia de undă pentru mecanica cuantică, a exprimat în ultima sa carte, *My View of the World*[22], o perspectivă metafizică ce se aseamănă foarte mult cu misticismul şcolii vedantice, advaita; aceasta priveşte fenomenele materiale fie ca pe o iluzie, fie ca pe o manifestare a Conştiinţei Cosmice care este sursa şi baza realităţii. În termenii lui Max Planck, care a formulat revoluţionara teorie cuantică a radiaţiei,

> Întreaga materie îşi are originea şi există doar în virtutea unei forţe [...]. Trebuie să presupunem că în spatele acestei forţe există o Minte inteligentă şi conştientă. Această Minte este matricea întregii materii.[23]

În *The Tao of Physics*, publicată prima dată în 1975, Fritjof Capra, specialist în fizica energiilor înalte, a făcut o comparaţie sistematică între descoperirile din fizica modernă şi intuiţiile misticismului oriental. El a conchis că

> Cele două teme fundamentale [ale intuiţilor mistice orientale] sunt unitatea şi relaţiile dintre toate fenomenele şi natura intrinsec dinamică a universului. Cu cât pătrundem mai adânc în lumea submicroscopică, cu atât vom observa că fizicienii moderni, ca şi misticii orientali, au ajuns să vadă lumea ca pe un sistem de componente inseparabile, aflate în relaţie şi în perpetuă mişcare, observatorul fiind parte integrantă a sistemului.[24]

Având în vedere că, în ultimii 25 de ani, ramurile fizicii tind să se îndrepte spre explicaţia conform căreia toate lucrurile pe care le percepem în univers sunt manifestări cu energie scăzută ale unei unice energii existente de la începuturile sale şi că această explicaţie se potriveşte cu intuiţiile mistice antice, putem spune că avem de-a face cu o tendinţă convergentă profundă ce se opune tendinţei divergente care a caracterizat timp de mai bine de 400 de ani evoluţia gândirii ştiinţifice.

CAPITOLUL 30
Unicitatea omului

Suntem doar o a treia specie de cimpanzeu.
Jared Diamond, 1991

Acesta este un dar dintr-o lume mică, îndepărtată, o mărturie a sunetelor noastre, a ştiinţei noastre, a imaginilor noastre, a muzicii noastre, a gândurilor noastre şi a sentimentelor noastre. Încercăm să supravieţuim timpului nostru ca să trăim în al vostru.

Mesajul preşedintelui Statelor Unite ale Americii, Jimmy Carter, inclus pe discul de aur al sondei spaţiale Voyager, 1977

PERSPECTIVA ORTODOXA ACTUALA

Foarte mulţi primatologi, antropologi şi biologi evoluţionişti neagă faptul că omul ar fi diferit de alte animale. Argumentele lor pot fi grupate în trei categorii care se intersectează.

Ego-antropocentrismul

Conform acestui argument, deşi oamenii au unele caracteristici superioare celor ale altor specii, precum un creier mare şi dexteritate manuală, şi alte specii au propriile caracteristici superioare celor umane. Astfel, liliecii sunt superiori în ecolocaţie, păsările sunt superioare în navigaţie şi aşa mai departe. A privilegia o categorie de caracteristici faţă de alta numai pentru că aparţine omului este o atitudine antropocentrică, egocentristă, neobiectivă şi neştiinţifică.

Această perspectivă pune accentul pe diferenţele fiziologice şi nu recunoaşte facultăţile care sunt transformate sau generate de facultatea supremă a conştiinţei reflexive. Poate că oamenii nu sunt atât de buni la ecolocaţie, dar au inventat radarul, care îndeplineşte această funcţie pentru ei. Poate că oamenii nu se pricep la navigaţie la fel de bine ca păsările, dar au inventat GPS-ul (Sistemul de Poziţionare Globală), care îi înzestrează cu o capacitate precisă de navigare. E greu să găsim o caracteristică superioară a unui animal la a cărei funcţie omul să nu fi dobândit acces prin creativitate şi inventivitate. Nici o altă specie nu şi-a depăşit caracteristicile fiziologice în asemenea măsură.

Identitatea genetică

Acest argument, articulat de Gerhard Roth, de la Institutul pentru

Cercetarea Creierului de la Universitatea din Bremen, susţine că oamenii împărtăşesc aproximativ 99% din gene cu două specii de cimpanzei. Aceste trei specii sunt mai strâns înrudite genetic decât sunt cimpanzeii cu oricare altă specie de primate existentă astăzi. Din această cauză, ar trebui creat un nou taxon, care să cuprindă cimpanzeii, bonobo şi oamenii.[1]

De fapt, cimpanzeii şi oamenii nu împărtăşesc 98,5% din gene, aşa cum se afirmă adesea. Această diferenţă de 1,5% este o măsură a diferenţei dintre genele echivalente; diferenţa reală în privinţa genelor complementare este mai degrabă de 6%.[244] În plus, o serie de mutaţii ale ADN-ului uman faţă de cel al strămoşului comun al cimpanzeilor şi oamenilor produce, printre altele, molecule de ARN care sunt implicate în dezvoltarea creierului la fătul uman.[2]

Şi mai important, acest argument care se concentrează strict pe cele două procente ale genomului uman care constau în gene producătoare de proteine ignoră mult mai extinsele secvenţe reglatoare care determină când, în ce măsură şi cât timp sunt active genele şi, în consecinţă, caracteristicile observabile ale organismului. De asemenea, ignoră diferenţele calitative comportamentale şi de alte feluri, pe care le voi discuta în răspunsul la următorul argument.

Diferenţe comportamentale care ţin numai de grad, nu şi de natură

Conform acestui argument, caracteristicile comportamentului uman nu sunt unice. Ele sunt prezente şi la rudele noastre cele mai apropiate din punct de vedere genetic, cimpanzeii. Comportamentul uman prezintă diferenţe care ţin numai de grad, nu şi de natură.

În sprijinul acestei afirmaţii sunt aduse exemple din comportamentul cimpanzeilor în sălbăticie. Primul datează din anii ’60, atunci când un cimpanzeu a fost observat îndepărtând frunzele de pe o ramură pentru a scormoni cu ea într-o termitieră şi a pescui termite ca să le mănânce. Acest lucru l-a determinat pe antropologul şi paleontologul Louis Leakey să conchidă: „Acum trebuie fie să redefinim uneltele, fie să redefinim omul, fie să acceptăm că cimpanzeii sunt oameni.“[3] Tot în legătură cu folosirea uneltelor, au mai fost observaţi cimpanzei care pun o nucă pe o piatră şi folosesc o altă piatră ca s-o spargă, comportament descris mai degrabă antropomorfizant drept fabricare şi folosire a ciocanului şi nicovalei. În plus, cimpanzeii învaţă aceste deprinderi. De asemenea, scot sunete diferite pentru a comunica diferite lucruri, demonstrând că posedă un limbaj vocal simplu.

Comportamentul intraspecific dominant al primatelor mari este

agresivitatea. Gorilele masculi se luptă între ele pentru a avea un harem, iar masculul victorios îl ucide adesea pe cel înfrânt împreună cu puii lui. Un raid al cimpanzeilor presupune adesea pătrunderea în teritoriul altei comunităţi de cimpanzei, unde atacă prin surprindere, în aşa fel încât să izoleze un individ adult, mascul sau femelă, pe care îl imobilizează, îl bat şi îl târăsc încă mult timp după ce nu mai mişcă. În cadrul comunităţii de cimpanzei, schimbarea ierarhiei masculilor conduşi de masculul alfa are loc prin lupte violente, în timp ce menţinerea ierarhiei este realizată mai degrabă prin etalarea agresivităţii decât printr-o luptă reală.

Primatologii evidenţiază totuşi comportamente care contrastează cu această agresivitate, cum ar fi legăturile dintre mamă şi pui, toaletarea reciprocă şi colaborarea în cursul vânătorii. Printre exemplele de comportamente asemănătoare cu cele umane se numără traiul în societăţi cu o ierarhie stabilă, în care înşelăciunea, infidelitatea şi supunerea sunt frecvente. Mai mult, ei identifică la primatele mari emoţii asemănătoare celor umane. Exemplul deseori menţionat este comportamentul de doliu al unei gorile pe nume Gana, de la Grădina Zoologică din Munster, nordul Germaniei, care în anul 2008 a refuzat să-şi abandoneze puiul mort în vârstă de trei luni, purtându-l în braţe şi mângâindu-l mai mult de o săptămână.

În plus, testele cognitive pe primate tinere aflate în captivitate au evidenţiat mai multe exemple de comportamente asemănătoare celor umane (primatele mai bătrâne sunt în general prea agresive pentru a fi testate). Cimpanzeii tineri îi întrec adesea pe copiii mai mici de 3 ani. Unii primatologi susţin că cimpanzeii au conştiinţă de sine, deoarece se pot recunoaşte în oglindă. S-a spus, de asemenea, că unii pui de primate au învăţat limbajul prin apăsarea unor taste cu simboluri la computer şi că un cimpanzeu şi o gorilă au deprins limbajul semnelor american: au învăţat sute de cuvinte, le-au asociat în propoziţii cu sens şi au făcut noi asocieri, precum „pasăre de apă“ pentru a denumi o lebădă.

Steven Pinker, psiholog cognitivist specializat în limbaj, a criticat aceste afirmaţii, care nu au fost niciodată supuse unei examinări ştiinţifice, ci au fost prezentate direct jurnaliştilor interesaţi de ştiinţă din presă şi televiziune.[4] De fapt, cimpanzeii şi gorilele au fost antrenaţi într-un mod foarte asemănător cu cel folosit de dresori la circ. Nu au demonstrat o înţelegere mai bună a fonologiei, morfologiei sau sintaxei decât cea dovedită de cimpanzeii tineri din reclamele difuzate în Anglia, care sunt îmbrăcaţi în haine de oameni şi beau din ceşti de ceai marca PG Tips.

În ciuda antrenamentului intensiv, nici un cimpanzeu (spre deosebire de mulţi papagali) nu s-a dovedit în stare să imite vorbirea. Vocalizarea diferitelor emoţii în sălbăticie, precum avertismentele în

faţa pericolului, este diferită calitativ de conversaţia umană şi nici un cimpanzeu neantrenat nu a scris vreun cuvânt, cu atât mai puţin un poem sau un roman.

Pg.620

Copiii oamenilor se nasc cu un craniu moale şi flexibil care creşte rapid pe la vârsta de 2-3 ani, în concordanţă cu creşterea în dimensiuni a creierului şi cu dezvoltarea structurii sale.[5] În consecinţă, nu este surprinzător că un cimpanzeu tânăr, al cărui creier este pe deplin format de la naştere, are o performanţă mai bună la un anumite teste cognitive decât un copil de 2-3 ani, aşa cum nu este surprinzător că cimpanzeii nu mai au performanţe superioare faţă de copiii în vârstă de peste 3 ani.

COMPORTAMENTELE SPECIFIC UMANE

În capitolul 24 am cartografiat apariţia conştiinţei de-a lungul evoluţiei umane, examinând cinci tipuri de comportamente: bazat pe reacţii directe, înnăscut, învăţat, social şi inovator. Apariţia conştiinţei reflexive a iniţiat o transformare radicală a multora dintre aceste comportamente.

Oamenii încă manifestă răspunsuri directe de autoconservare. Totuşi, spre deosebire de alte animale, oamenii pot decide să şi le suprime. Conform exemplului pe care l-am dat în capitolul 24, un om poate decide să-şi ţină mâna în foc sau chiar să-şi dea foc, provocându-şi moartea; autoincendierea are o tradiţie de secole în unele culturi şi a fost folosită şi în timpurile moderne ca o formă de protest politic.

Prezenţa simultană a răspunsului direct şi a comportamentelor înnăscute care pot fi considerate instincte joacă încă un rol important. De exemplu, marea majoritate a oamenilor vor răspunde unui atac prin ripostă sau fugă. Totuşi, dacă reflecţiile tale te conduc la credinţa în principiul nonviolenţei şi dacă alegi să-l pui în practică, atunci îţi poţi suprima instinctul de a lupta sau de a fugi, aşa cum făceau discipolii lui Gandhi, care se lăsau omorâţi de trupele coloniale britanice în India înainte ca aceasta să-şi dobândească independenţa. Un exemplu mai puţin dramatic este comportamentul bărbaţilor, care, majoritatea, îşi inhibă instinctul de a avea raporturi sexuale cu orice femeie a cărei înfăţişare îi stimulează, deoarece au ales în mod raţional să respecte drepturile femeilor şi/sau să se supună anumitor legi ale societăţii din care fac parte, în timp ce oamenii care s-au hotărât să ţină o dietă îşi vor inhiba instinctul de a mânca atunci când simt foame.

Comportamentul învăţat al oamenilor este radical diferit de cel al oricărei alte primate, deoarece procesul lor de învăţare prezintă patru diferenţe calitative şi cantitative majore:

1. Primatele nonumane învaţă aproape în exclusivitate prin imitaţie, în timp ce oamenii învaţă în special prin instruire.

Pg.621

2. La primate, relaţiile de învăţare au loc, în mod normal, între pui şi părinte sau rude apropiate, în timp ce la oameni părinţii îşi învaţă copiii în cursul primilor cinci ani de viaţă, dar în următorii zece sau douăzeci de ani copiii învaţă de la persoane care nu le sunt rude - diverşi specialişti din şcoli, colegii, universităţi, organizaţii etc. - care folosesc metode diferite precum cursurile, cărţile, mijloace audiovizuale şi internetul.

3. Primatele învaţă numai deprinderi directe sau indirecte care au legătură cu supravieţuirea, precum căutarea hranei, vânătoarea, confecţionarea unor unelte rudimentare pentru uz individual sau toaletarea reciprocă, în timp ce oamenii învaţă şi o vastă varietate de lucruri care depăşesc ţinta imediată a supravieţuirii, precum literatura, artele, filozofia şi ştiinţa.

4. Oamenii sunt capabili să se instruiască singuri folosind resurse create de om, precum bibliotecile şi internetul.

În privinţa comportamentului social, primatele nonumane aparţin unui singur grup social, în special cel bazat pe rudenie, care are ca scopuri supravieţuirea şi reproducerea. În societăţile lor aşa-numite de fisiune-fuziune, componenţa unui grup se poate schimba, dar în orice moment un individ este membru al unui singur grup. În schimb, oamenii aparţin simultan mai multor grupuri sociale, ale căror scopuri depăşesc supravieţuirea şi reproducerea şi operează la nivel familial, local, regional, naţional, supranaţional sau global.

Interacţiunile dintre membrii grupurilor de primate sunt senzoriale: atingere, gust, miros, văz, auz. La oameni, deşi atingerea, gustul şi mirosul au mare importanţă în cadrul familiei, în celelalte interacţiuni sociale joacă un rol relativ redus. În plus, văzul şi auzul sunt îmbunătăţite prin invenţii precum scrisorile, e-mailul, fotografiile, filmele, camerele web, telefoanele mobile şi conferinţele online, care extind gama de interacţiuni de la un nivel local până la unul global.

Astfel de invenţii rezultă din al cincilea tip de comportament: comportamentul inovator.

Celor 533 de cazuri de inovaţie definite drept soluţii noi la probleme de mediu sau sociale raportate de primatologi pentru toate primatele[245] li se pot adăuga altele oferite de cercetătorii care studiază comportamentul ciorilor şi al mamiferelor marine precum delfinii şi balenele. Cu toate acestea, astfel de exemple diferă de cele ale inovaţiilor umane atât cantitativ, cât şi calitativ.

Pg.622

Singurul scop al inovaţiilor nonumane este supravieţuirea, spre exemplu obţinerea hranei în cazul cimpanzeilor, care rup frunzele de pe o ramură pentru a o transforma într-un obiect cu care să pescuiască termite sau folosesc o piatră pentru a sparge nuci.

Mai mult, exemplele date de primatologi cu privire la asemănarea genetică şi comportamentală dintre oameni şi primate, precum confecţionarea de unelte, ilustrează una dintre consecinţele specializării ştiinţifice, despre care am vorbit în capitolul 29, şi anume hiperspecializarea, care face dificilă o privire de ansamblu. În acest caz, ei nu recunosc că unele comportamente ale primatelor se întâlnesc la multe alte specii foarte diferite din punct de vedere genetic. În Noua Caledonie a fost observat la ciori comportamentul de a despica şi a prelucra rămurele în aşa fel încât să formeze cârlige cu care să scoată larve de insecte din crăpăturile scoarţei copacilor. Cercetătorii care studiază această specie susţin că uneltele ciorilor sunt mai sofisticate decât cele ale cimpanzeilor. În Florida, cercetătorii au observat la gaiţe, o altă specie de corvide, că-şi fac depozite de hrană perisabilă şi neperisabilă în ascunzători distribuite pe o suprafaţă mare şi îşi aduc aminte unde se află şi ce conţine fiecare dintre aceste ascunzători. Unele gaiţe urmăresc şi apoi jefuiesc ascunzătorile altora, dar au grijă să-şi camufleze bine propriile ascunzători.[6]

Se pare că obiceiul cimpanzeilor de a sparge coaja fructelor cu piatra datează de cel puţin 4.300 de ani.[7] Destul de probabil că tot de pe atunci foloseau şi crenguţe curăţate pentru a pescui termite, însă nu s-au păstrat dovezi din acele vremuri. Cimpanzeii nu au avansat de atunci în folosirea pietrei, nici până la nivelul paleoliticului inferior, când homininii răzuiau pietre pentru a obţine aşchii tăioase. Au inventat foarte puţine unelte. Fiecare este destinată folosirii de către un singur individ, pentru supravieţuire.

În capitolul 29 se pot vedea, în schimb, multitudinea, complexitatea şi mărimea uneltelor inventate de oameni, dintre care cele mai multe au alte scopuri decât supravieţuirea. După părerea mea, afirmaţia că activitatea cimpanzeului care sparge singur nuci cu o piatră se situează pe acelaşi plan cu cooperarea unei echipe internaţionale de cercetători care inventează şi construiesc Marele Accelerator de Hadroni pentru a descoperi cum interacţionează particulele fundamentale este extrem de problematică.

În mod paradoxal, cam pe vremea când se afirma că uneltele cimpanzeilor şi cele ale oamenilor prezintă doar diferenţe de grad, oamenii au inventat două unelte numite Voyager 1 şi Voyager 2, sonde spaţiale operate de la distanţă şi menite să exploreze planetele îndepărtate şi care, în septembrie 2013, după mai mult de 35 de ani, au părăsit sistemul nostru solar. Fiecare dintre ele conţine un disc audio-video placat cu aur care include un mesaj al preşedintelui

Statelor Unite, Jimmy Carter, reprodus ca motto al acestui capitol.

Pg.623

Capacitatea de a recunoaşte propria imagine în oglindă este ceva cu totul diferit de conştiinţa care reflectă asupra ei înseşi şi asupra locului pe care-l ocupă în univers.

Nici un animal nonuman nu are comportamente care să nu vizeze dobândirea hranei şi adăpostului, evitarea prădătorilor, găsirea unui partener şi creşterea progeniturilor sau întărirea colaborării din cadrul grupului pentru a-şi creşte propriile şanse de supravieţuire şi reproducere.

Oamenii, în schimb, au o gamă variată de comportamente fără nici o legătură cu supravieţuirea şi reproducerea. Ei îşi pun întrebări cu privire la ei înşişi ca entităţi fizice şi gânditoare, la mediul înconjurător, la univers şi la propriul comportament. Nici un animal nonuman nu posedă această capacitate a gândirii autoreflexive şi abilitatea de a acţiona împotriva comportamentului său determinat genetic sau cultural.

Toate dovezile valide prezentate pentru a susţine aceste trei argumente defectuoase sunt în concordanţă cu teoria pe care am prezentat-o pe larg în părţile a doua şi a treia ale acestei cărţi. În corelaţie cu sporirea complexităţii biologice şi a centralizării, conştiinţa apare şi se intensifică de-a lungul diferitelor linii evolutive până la atingerea stazei sau, în cazul unor specii, până la manifestarea unei schimbări de fază atunci când conştiinţa devine conştientă de sine. Pentru a folosi o analogie, această intensificare seamănă cu o sursă de căldură care determină creşterea temperaturii apei dintr-un vas. În vasele reprezentând liniile evolutive ale gibonilor, gorilelor şi cimpanzeilor, să zicem, această căldură corelată cu complexitatea neuronală şi cu centralizarea nu este suficientă pentru a creşte temperatura apei dincolo de 85°, 90° sau 95° Celsius, aceasta reprezentând nivelul lor de cogniţie şi comportament. În vasul reprezentând linia evolutivă umană, intensitatea căldurii creşte temperatura până la punctul de fierbere, moment în care lichidul începe să treacă printr-o schimbare de fază, transformându-se tot mai rapid în gaz.

Cu toate că oamenii au fost modelaţi de zestrea lor genetică şi de mediul lor cultural, faptul că posedă conştiinţă reflexivă le-a conferit capacitatea de a le depăşi pe amândouă.

Pg.624

CAPITOLUL 31
Concluzii si reflecţii cu privire la apariţia si evoluţia omului

Astăzi, reţeaua de relaţii care leagă specia umană de ea însăşi şi de restul biosferei este atât de complexă, încât toate aspectele se influenţează între ele în cea mai mare măsură. Cineva ar trebui să studieze întregul sistem, oricât de rudimentară s-ar dovedi, deoarece simpla coroborare a studiilor parţiale asupra unui sistem complex nonliniar nu poate oferi o bună imagine despre comportamentul întregului.

Murray Gell-Mann, 1994

Explorarea spaţiului şi caracterul planetar al complexităţii economice, ecologice şi cibernetice construiesc fundamentul unei conştiinţe inevitabil globale.

Richard Falk, 1985

La omul ştiinţific modern, evoluţia a ajuns, în sfârşit, conştientă de sine.

Julian Huxley, 1959

CONCLUZII

Constatările din partea a treia ne conduc spre următoarele concluzii. Dovezile şi analiza pe care se bazează fiecare concluzie se regăsesc în capitolul specificat între paranteze.

1. Caracteristicile anatomice şi genetice ale omului prezintă numai diferenţe de grad faţă de cele ale altor primate. Ceea ce îl deosebeşte pe Homo sapiens de toate celelalte specii cunoscute este conştiinţa reflexivă. Omul adult modern nu numai că ştie, dar ştie şi că ştie. (Capitolele 26 şi 27)
2. În ciuda afirmaţiilor celor mai mulţi primatologi, antropologi şi biologi evoluţionişti, apariţia oamenilor, singurii care posedă capacitatea conştiinţei reflexive, a marcat o schimbare de natură, nu doar de grad, în evoluţia vieţii, tot aşa cum apariţia vieţii a marcat o schimbare de natură faţă de evoluţia materiei neînsufleţite. (Capitolul 30)
3. În termeni generali, apariţia omului poate fi reconstituită de la momentul apariţiei conştiinţei la strămoşii primate până la momentul în care conştiinţa a devenit conştientă de sine. Totuşi, în lipsa dovezilor, nu putem reconstitui linia evolutivă până la un anumit strămoş preuman. (Capitolul 26)

4. Primele licăriri ale conştiinţei reflexive sunt vizibile în consecinţele sale, precum uneltele specializate compuse, simbolurile, ornamentele, picturile, sculpturile, instrumentele

muzicale, înmormântările şi incinerările rituale şi traversările maritime. Aceste vestigii au fost găsite în diferite locuri de pe planetă. Deşi datarea lor este adesea incertă, majoritatea provin din epoca târzie a pietrei în Africa şi din paleoliticul superior pe alte continente, de acum 40.000 până la 10.000 de ani, cu toate că există dovezi incomplete sau discutabile care sugerează că e posibil ca apariţia conştiinţei reflexive să se fi produs chiar mai devreme. (Capitolul 26)

5. Ca şi în cazul apariţiei materiei şi apariţiei vieţii, din cauza numărului mic de dovezi este aproape sigur că ştiinţa nu va fi niciodată capabilă să identifice când şi cum au apărut oamenii. Cel mai probabil, aceasta s-a întâmplat atunci când mediul fluctuant indus de variaţiile climatice a dus la înţelegerea faptului că instinctul de supravieţuire împotriva prădătorilor şi asigurarea subzistenţei pot fi satisfăcute mai curând prin cooperare decât prin competiţie. Se poate ca hibridizarea sau duplicarea întregului genom să fi jucat un rol în această schimbare evolutivă. (Capitolul 26)

6. În ansamblu, pare că avem de-a face cu un caz de apariţie a sistemelor în care interacţiunile unor facultăţi de complexitate scăzută - precum înţelegerea, învăţarea şi comunicarea - generează o nouă facultate, de complexitate crescută - în acest caz conştiinţa reflexivă -, iar abilitatea de complexitate crescută interacţionează cu cele de complexitate scăzută, transformându-le sau generând noi abilităţi - precum imaginaţia, credinţa, limbajul, abstractizarea şi moralitatea. (Capitolul 26)

7. La fel ca în cazul celorlalte procese emergente majore, graniţa care separă oamenii de strămoşii preumani nu e bine delimitată, dar cu siguranţă există. Dincolo de ea, a început un proces de schimbare ireversibil: evoluţia conştiinţei reflexive. (Capitolul 26)

8. Această evoluţie poate fi împărţită în trei etape care se intersectează: gândirea primitivă, gândirea filozofică şi gândirea ştiinţifică. (Capitolul 27)

9. În marea majoritate a timpului scurs din momentul în care au apărut din hominini, oamenii au dus o existenţă de vânători-culegători, în grupuri mici de familii extinse, în care competiţia pentru supravieţuire cu alte grupuri şi cu prădătorii a dus la o rată crescută a mortalităţii. (Capitolul 27)

10. Gândirea primitivă a evoluat lent până acum aproximativ 10.000 de ani, când oamenii au inventat agricultura ca un mod mai eficient de a-şi procura hrana şi au înţeles beneficiile cooperării, întemeind comunităţi agricole mai mari.

Această dezvoltare s-a petrecut în momente diferite în funcţie de loc, iar în unele locuri nu s-a petrecut niciodată. (Capitolul 27)

11. Având mai multe ocazii să reflecteze şi să transmită ideile prin desen, vorbire şi scris, oamenii din aceste comunităţi agricole au cooperat pentru inventarea unor tehnologii care le-au îmbunătăţit şi le-au extins teritoriul agricol sau cu alte aşezări pentru a face schimburi de bunuri şi idei, fapt care a dus la creşterea în dimensiuni şi complexitate a comunităţilor lor. (Capitolul 27)

12. Deşi începuse să se dezvolte, cooperarea a avut de înfruntat instinctul competiţiei, adânc înrădăcinat în istoria de milioane de ani a strămoşilor preumani. Astfel, luptele pentru controlul acestor aşezări şi al resurselor agricole şi de alte feluri, atât din interiorul, cât şi din afara lor au dus la apariţia şi decăderea dinastiilor şi imperiilor. (Capitolul 27)

13. Pe măsură ce s-au extins, aceste aşezări şi-au dezvoltat o ierarhie socială care reflecta diferitele abilităţi transmise de la părinţi la copii; de obicei, această ierarhie cuprindea conducătorul, preoţii, războinicii, negustorii şi meşteşugarii, agricultorii şi sclavii. Tiparul general de pe întreg globul a fost creşterea în dimensiuni, complexitate şi centralizare a societăţilor umane. (Capitolul 27)

14. Evoluţia gândirii primitive a fost strâns legată de evoluţia credinţelor care au izvorât din imaginaţie, din lipsa înţelegerii fenomenelor naturale sau din teama de necunoscut, adică din superstiţie. Din animism, totemism şi cultul strămoşilor, specifice vânătorilor-culegători, s-au dezvoltat religiile, care au reflectat creşterea în dimensiuni, complexitate şi specializare a societăţilor umane; s-a trecut de la cultul unei zeiţe a fertilităţii la politeism şi apoi la un panteon condus de un zeu atotputernic, al cerului şi al războiului, şi, în cele din urmă, la un monoteism patriarhal în care zeii sunt subsumaţi unui singur Dumnezeu sau degradaţi la rangul de îngeri. (Capitolul 27)

15. Folosind conştiinţa reflexivă în scopul inventării de tehnologii pentru asigurarea supravieţuirii şi reproducerii şi pentru influenţarea forţelor supranaturale despre care se credea că determină aceşti factori, gândirea primitivă a produs primele manifestări ale artei, limbajului vorbit şi scris, matematicii şi astronomiei. (Capitolul 27)

16. Încercările de a găsi răspuns la întrebările fundamentale „cine suntem?" şi „de unde am apărut?" au cunoscut o nouă etapă în urmă cu aproximativ 3000 de ani, în diferite locuri de pe glob, atunci când gândirea filozofică s-a desprins de superstiţiile gândirii primitive. A fost caracterizată de dorinţa de a găsi explicaţii care

să nu invoce spirite imaginare, zei antropomorfizaţi sau un zeu unic, în care oamenii au crezut timp de peste 20.000 de ani. (Capitolul 28)

Pg.627

17. Gândirea filozofică a apărut, cel mai probabil, pe subcontinentul indian, celelalte centre principale fiind China şi colonia grecească Ionia. Filozofii au folosit intuiţia, rezultată adesea dintr-o meditaţie disciplinată, şi raţionamentul, bazat pe supoziţii prealabile sau pe interpretarea dovezilor. (Capitolul 28)

18. La fel ca în cazul celorlalte procese de emergenţă, primele semne ale gândirii filozofice sunt greu de deosebit de rădăcinile lor, superstiţiile primitive inoculate de religii. Pe măsură ce s-au dezvoltat şi s-au răspândit, evoluţia lor prezintă un tipar asemănător cu cel al evoluţiei filetice din biologie, ca răspuns la diversele tipuri de mediu. Unii muguri ai gândirii filozofice nu s-au dezvoltat mai departe; alţii s-au dezvoltat şi apoi au dispărut; alţii au fost asimilaţi şi apoi modificaţi de alte şcoli de gândire; unii au interacţionat cu credinţele locale şi s-au transformat în religii; unii au fost asimilaţi sau distruşi de religii sau de conducători; unii s-au pierdut şi au fost redescoperiţi mult mai târziu; alţii au avut susţinerea conducătorilor şi au înflorit; cei care au supravieţuit continuă să evolueze. (Capitolul 28)

19. Intuiţiile înţelepţilor, fie ei indieni, chinezi, greci sau romani împărtăşesc câteva teme comune, în special unitatea fundamentală a tuturor lucrurilor. În cele mai multe cazuri această unitate fundamentală sau realitate fundamentală a fost percepută drept ceva inefabil, descris cel mai bine ca o conştiinţă sau o inteligenţă cosmică transcendentă care există, lipsită de formă, în afara spaţiului şi timpului, dar este totodată imanentă, prin faptul că dă naştere tuturor fenomenelor percepute de cele cinci simţuri fizice ale noastre şi de minte; apărând din această unitate fundamentală, esenţa fiecăruia dintre noi este identică cu întregul. Mai mult, această realitate fundamentală este prezentă în cosmos sau reglează funcţionarea lui, iar pentru a dobândi împlinirea trebuie să ne armonizăm viaţa cu ea. (Capitolul 28)

20. Cu toate că intuiţia are un caracter ireductibil, ea se poate ramifica în funcţie de obiectul investigaţiei. Ramificarea ţine mai ales de şcolile înfiinţate pentru a interpreta, a practica şi a transmite mai departe intuiţiile înţelepţilor. (Capitolul 28)

21. Raţionamentul a fost folosit în predarea intuiţiilor şi ca metodă de investigare. Şi el poate fi divizat în ramuri în funcţie de obiectul investigaţiei, iar acestea se ramifică la rândul lor în şcoli de raţionare care s-au răspândit, au interacţionat şi s-au multiplicat ca răspuns la noua gândire. (Capitolul 28)

22. Atunci când gândirea a avut în centru etica - cum ar trebui să ne comportăm -, toţi filozofii antici, fie că foloseau intuiţia sau raţionamentul, au ajuns la concluzia că fericirea sau liniştea se obţin printr-un comportament lipsit de egoism, conform principiului „să nu faci altora ceea ce nu doreşti să ţi se facă ţie“. Această gândire contravenea tendinţei dominante în societăţile vremii către agresivitate, război şi cucerire. Îndemnul lor de bază era cooperarea în detrimentul competiţiei pentru obţinerea progresului umanităţii. (Capitolul 28)

23. O ramificaţie fundamentală între intuiţie şi raţionament a apărut târziu, la sfârşitul secolului al XII-lea, când Occidentul a adoptat raţionamentul ca unică metodă de gândire filozofică, deşi dovezile nu susţin superioritatea uneia sau alteia dintre aceste metode. (Capitolul 28)

24. A treia etapă a evoluţiei umane, gândirea ştiinţifică, se caracterizează prin încercarea de a explica fenomenele naturale folosind observaţia sau experimentul sistematice, de preferinţă măsurabile, şi aplicând raţionamentul cunoştinţelor astfel obţinute pentru a formula legi verificabile şi a face predicţii sau retrodicţii. (Capitolul 29)

25. Această gândire a fost la început folosită în trei domenii: ştiinţele fizice, care studiază fenomenele lipsite de viaţă, ştiinţele vieţii, care studiază organismele vii, şi ştiinţele medicale, aplicate pentru menţinerea sănătăţii şi tratarea bolilor şi rănilor. (Capitolul 29)

26. Ştiinţele medicale îşi au rădăcinile în practicile de vindecare din Antichitate, care erau împletite cu superstiţiile şi au apărut ca o parte a ştiinţei moderne în secolul al XVII-lea, ca şi ştiinţele vieţii. Cea mai veche ştiinţă fizică, astronomia, datează din timpuri preistorice, când s-a dezvoltat pentru a servi credinţelor superstiţioase, înainte de a se desprinde ca o ştiinţă modernă, în secolul al XVI-lea. Fizica, ştiinţa fizică fundamentală, a apărut din filozofia naturală în secolele al XVI-lea şi al XVII-lea. În această perioadă, numită de obicei revoluţie ştiinţifică, multe dintre ideile antice legate de medicină, astronomie şi filozofia naturală au fost abandonate şi înlocuite cu teorii noi, empirice. Totuşi, majoritatea celor care le practicau au păstrat credinţele superstiţioase. (Capitolul 29)

27. În secolul al XIX-lea studiul comportamentului uman şi al relaţiilor sociale a condus la desprinderea ramurii ştiinţelor sociale din ştiinţele vieţii. (Capitolul 29)

28. Odată ce a apărut, gândirea ştiinţifică a evoluat tot mai rapid, mai ales ca rezultat a cinci factori sinergici. (Capitolul 29)

28.1. instrumentele de calcul, care s-au dezvoltat de la maşinile de calcul mecanic până la PC-uri şi supercomputere;

Pg.629

28.2. diseminarea cunoaşterii, care stimulează apariţia unor noi teorii, s-a dezvoltat de la tiparniţele operate manual, cu matriţă metalică, la internet, urmat de World Wide Web, care permite nu numai comunicarea practic instantanee a noilor cunoştinţe, dar şi globalizarea cunoaşterii;

28.3. dezvoltarea unor noi tehnologii destinate numai investigaţiilor ştiinţifice, în paralel cu folosirea tehnologiilor concepute pentru alte scopuri;

28.4. cooperarea dintre oamenii de ştiinţă, în societăţi ştiinţifice destinate împărtăşirii cunoaşterii şi gândirii şi în echipe de cercetare ştiinţifică specializată, care s-au dezvoltat de la nivel local la nivel naţional şi mai apoi la nivel internaţional;

28.5. lărgirea accesului la educaţie, care a dus la creşterea numărului de cercetători.

29. Aceşti factori au avut drept rezultat (Capitolul 29):

29.1. inventarea de tehnologii pentru investigarea materiei şi energiei neobservabile, care a condus la o a doua revoluţie ştiinţifică în fizică odată cu dezvoltarea teoriei cuantice şi teoriei relativităţii;

29.2. o creştere geometrică a cunoaşterii empirice care a produs ramificări ale gândirii ştiinţifice în ramuri şi subramuri tot mai specializate, cu domenii de investigaţie din ce în ce mai înguste;

29.3. o adâncire a cunoaşterii în aceste domenii înguste, ceea ce a dus la o prăpastie de comunicare între cercetătorii hiperspecializaţi, cărora le este dificil să se mai angajeze într-un dialog de substanţă cu alţi specialişti; fac excepţie situaţiile în care aceste domenii hiperspecializate se intersectează prin studii transdis- ciplinare, centrate pe acelaşi subiect îngust;

29.4. un număr mic de specialişti capabili să-şi depăşească specializarea pentru a formula întrebări fundamentale privind existenţa umană, precum întrebarea „ce suntem?“;

29.5. creditarea reducţionismului ştiinţific drept unică metodă de investigaţie ştiinţifică, în ciuda limitărilor acestei unelte analitice puternice atunci când e aplicată unor fenomene complexe care intră în interacţiune, precum viaţa sau umanitatea;

29.6. încrederea multor cercetători în fizicalism, care susţine că numai materia fizică este reală şi că alte lucruri,

precum mintea sau conştiinţa, vor fi până la urmă explicate ca fenomene fizice sau ca interacţiuni între astfel de fenomene.

30. Oamenii de ştiinţă din două subramuri ale psihologiei, care investighează procesele mentale şi comportamentul individual şi de grup, susţin că pot răspunde la întrebarea „ce suntem?“. (Capitolul 29)

Pg.630

30.1. Specialiştii în neuropsihologie care cred în fizicalism susţin că nu suntem altceva decât comportamentul unui vast ansamblu de celule nervoase şi de molecule asociate acestora. Chiar dacă am admite că mintea este generată de celulele noastre nervoase şi de interacţiunile dintre ele, mintea nu este acelaşi lucru cu creierul. Mai mult, până când specialiştii în neuropsihologie nu vor furniza observaţii şi experimente independente şi verificabile care să explice ce înseamnă experienţa subiectivă a fenomenelor, precum conştiinţa de sine, sentimentul de mândrie, trăirile stârnite de muzică sau de vederea unei culori, astfel de afirmaţii rămân mai curând în domeniul speculaţiilor filozofice decât în cel al ştiinţei.

30.2. Psihologii evoluţionişti susţin că ceea ce suntem, adică ceea ce gândim, ceea ce simţim şi cum ne comportăm, se explică prin acumularea, de-a lungul a mii de generaţii, a unor mutaţii genetice aleatorii, răspunzătoare de mecanismele psihologice selectate în mod natural pentru a oferi un avantaj adaptativ în competiţia pentru supravieţuire a strămoşilor noştri din epoca de piatră. Dovezile lor constau în modele matematice simpliste centrate pe gene şi pe teoria jocurilor din sociobiologie, care nu au legătură cu realitatea, ci sunt create în aşa fel încât pot produce orice rezultat dorit, nu au nici o valoare predictivă şi sunt contrazise de existenţa unor credinţe culturale şi a unor comportamente incompatibile cu explicaţia neodarwinistă a naturii umane ca rezultat al maşinăriei genetice.

30.3. Pentru a pune în acord aceste dovezi cu teoria lor, unii psihologi evoluţionişti propun ipoteza mediului de adaptare evolutivă; nu există însă nici o dovadă care să susţină această încercare speculativă de a explica deficienţele determinismului genetic;

30.4. Alţii merg şi mai departe propunând ipoteza coevoluţiei genă- cultură. Cu toate acestea, în ciuda afirmaţiilor neodarwinismului, complexitatea funcţionării genelor, a reglării lor şi a interacţiunii lor cu mediul pe parcursul evoluţiei biologice sunt prea puţin înţelese în

prezent, şi sunt şi mai puţin înţelese în încercarea de a explica gândirea, sentimentele şi comportamentele.

31. În pofida unui tipar predominant divergent, de ramificare a gândirii ştiinţifice, care îşi are începuturile la sfârşitul secolului al XVI-lea, apare o tendinţă convergentă în ştiinţa fundamentală a fizicii, tot mai accelerată de la începutul secolului XX, momentul celei de-a doua revoluţii ştiinţifice. Aceasta a izvorât din intuiţia că diverse fenomene fizice aparent diferite pot avea o cauză comună. Principalul resort al fizicii teoretice din ultimii 25 de ani a fost efortul de a demonstra că toate fenomenele fizice din univers sunt manifestări cu energie scăzută ale unei energii fundamentale prezente la începutul universului. (Capitolul 29)

Pg.631

32. Mulţi pionieri ai celei de-a doua revoluţii ştiinţifice au respins reducţionismul ca metodă de a explica fenomenele fizice din univers, argumentând că în centru ar trebui să se afle plenitudinea indivizibilă. (Capitolul 29)

33. Unele interpretări ale teoriei cuantice cer observarea câmpului cuantic înainte ca acesta să colapseze în materie, iar astfel de interpretări intră în conflict cu fizicalismul. Unii teoreticieni ai fizicii cuantice au adoptat idealismul, conjectura conform căreia lucrurile materiale nu există independent, ci doar ca o construcţie a minţii sau a conştiinţei. Unii au exprimat o perspectivă metafizică asemănătoare cu intuiţia mistică a unităţii fundamentale a tuturor lucrurilor ca o Conştiinţă Cosmică transcendentă care generează şi guvernează toate fenomenele percepute de cele cinci simţuri şi de minte. (Capitolul 29)

34. Având în vedere că în ultimii 25 de ani ramurile fizicii tind să adopte perspectiva conform căreia toate lucrurile pe care le percepem în univers sunt manifestări cu energie scăzută ale unei unice energii prezente la începuturile sale şi că această explicaţie se potriveşte cu intuiţiile mistice antice, putem spune că avem de-a face cu o tendinţă convergentă profundă ce se opune tendinţei divergente care a caracterizat timp de mai bine de 400 de ani evoluţia gândirii ştiinţifice. (Capitolul 29)

35. Cu toate că oamenii au fost modelaţi de zestrea lor genetică şi de mediul lor cultural, faptul că posedă conştiinţă reflexivă le-a conferit capacitatea de a le depăşi pe amândouă. (Capitolul 30)

REFLECŢII

Dacă privim retrospectiv fenomenul evoluţiei omului din momentul în care conştiinţa reflexivă a marcat încheierea procesului

apariţiei sale, în urmă cu 40.000 până la 10.000 de ani, ies în evidenţă câteva tipare generale, unele cu o vechime considerabilă, iar altele mai recente.

Reducerea agresivităţii

Pg.632

Într-un secol care a început cu atacul comis de Al-Qaeda asupra turnurilor gemene din New York, soldat cu moartea a 2.750 de civili, cu invazia SUA în Irak şi intervenţia militară în Afganistan şi cu războaiele civile din Congo, Liberia, Sudan, Darfur, Libia şi Siria, urmând unui secol în care au avut loc două războaie mondiale şi atacul cu arme nucleare, pare contraintuitiv, dacă nu chiar pervers, să spui că evoluţia umană a fost caracterizată de o reducere a agresivităţii.

Impresia unei agresivităţi crescute are la bază trei factori principali. În primul rând, percepţia a ceea ce înseamnă agresivitatea s-a schimbat. În societăţile avansate ştiinţific, cei mai mulţi oameni nu mai consideră că e acceptabil, şi cu atât mai puţin onorabil, să porţi războaie împotriva necredincioşilor cu justificarea că aceasta este voia Domnului sau să pedepseşti o nedreptate conform preceptului biblic sau coranic „ochi pentru ochi“, să rezolvi dispute prin duel, să omori o femeie din familia ta sub acuzaţia de imoralitate, pentru a restabili onoarea familiei, să torturezi până la moarte sau să execuţi pe cineva pentru furt.

Totuşi, între secolele al Xl-lea şi al XIII-lea, regii şi nobilii din Europa de Vest, la porunca papilor care promiteau că cei ucişi vor ajunge imediat în rai, au purtat războaie sfinte împotriva musulmanilor, măcelărind, în cursul acestor războaie, evrei şi alţi oameni. Pentru cei oripilaţi de pedepsele publice practicate în prezent în ţările mai puţin dezvoltate, constând în biciuiri, tăierea unei mâini sau decapitări, pentru o sumedenie de infracţiuni, de la furt la adulter, trebuie să reamintim că până nu demult astfel de practici erau comune în propriile noastre societăţi. Turnul Londrei deţine un muzeu al instrumentelor de tortură, practică ce nu a fost abolită în Anglia până la mijlocul secolului al XVII-lea. Pe 13 octombrie 1666, Samuel Pepys consemnează în jurnalul său că l-a văzut pe generalul Harrison spânzurat în public, sfâşiat şi ciopârţit, spre încântarea mulţimii.[1] La începutul secolului al XIX-lea, în Anglia, mai mult de 200 de delicte variind de la braconaj la furt şi crimă au fost pedepsite cu moartea. Execuţiile publice în Anglia au încetat abia în 1868, iar ultima execuţie a avut loc în 1964. În Franţa, decapitarea publică a continuat până în 1939, iar pedeapsa cu moartea a fost abolită abia în 1981. În 2014, pedeapsa cu moartea pentru crimă era considerată o pedeapsă legală de guvernul federal şi de 32 de state ale Americii.[2]

Al doilea factor este importanţa acordată numărului de victime ale agresiunilor, în paralel cu ignorarea creşterii geometrice a populaţiilor. Este mult mai raţional să măsori agresivitatea în raport cu dimensiunea populaţiei considerate.

Al treilea factor: până la inventarea mijloacelor globale de comunicare, cei mai mulţi oameni pur şi simplu nu ştiau ce se întâmplă în alte ţări. Acum suntem inundaţi de transmisiuni TV prin satelit douăzeci şi patru de ore din douăzeci şi patru sau de filme încărcate pe YouTube care arată lupte, violuri şi alte violenţe din întreaga lume.

Pg.633

Şi totuşi, există dovezi clare care demonstrează reducerea agresivităţii. În capitolul 27, am rezumat studiile care indică o rată crescută a mortalităţii în epoca vânătorilor-culegători caracterizaţi de gândirea primitivă, cauzată de înfruntările dintre grupuri, infanticid şi gerontocid. În cartea sa din 2011 *The Better Angels of Our Nature*, psihologul Steven Pinker, de la Harvard, examinează dovezile rezultate din investigaţiile medicale, arheologice, etnografice, istorice şi statistice. Majoritatea existenţei umane s-a petrecut în societăţi de vânători-culegători şi vânători-horticultori. Studiile privind 27 de grupuri de acest fel au arătat o variaţie a ratei anuale a deceselor rezultate în urma luptelor. Ratele cele mai crescute datează din vremuri mai vechi, iar cele mai scăzute se înregistrează la triburile care trăiesc izolat, în medii puţin ospitaliere, precum deşerturile pârjolite sau terenurile aride şi îngheţate, unde nu se află în competiţie cu alte triburi sau unde au fost pacificate de naţiunile dezvoltate industrial sau de imperii. Conform acestor studii, rata medie a deceselor cauzate de război este de 524 la 100.000.

Prin comparaţie, luând în calcul decesele care au avut drept cauză violenţa organizată - războaie, genocide, epurări şi foamete provocată de om - în secolul XX în întreaga lume, rata anuală a deceselor a fost în jur de 60 la 100.000. Pentru anul 2005, când forţele armate ale SUA au fost implicate în conflictele din Irak şi Afganistan, numărul deceselor militare la suta de mii de militari în SUA sau în întreaga lume au fost prea mici pentru a putea figura în graficul lui Pinker.[3]

Motive pentru reducerea agresivităţii

După părerea mea, principala cauză pentru reducerea agresivităţii este evoluţia gândirii umane aşa cum am prezentat-o în partea a treia a acestei cărţi. În etapa gândirii filozofice, acele persoane din diferite culturi care au reflectat asupra comportamentului uman, fie prin intuiţie, fie prin raţionament, pledau pentru regula de aur care spune *„să nu faci altora ceea ce nu doreşti să ţi se facă ţie“*. După cum am văzut, a existat o puternică rezistenţă la această idee care se opunea

instinctului înnăscut pentru competiţie. Totuşi, a început un lung proces de modificare a înţelegerii relaţiilor dintre oameni, care a fost codificat în legile societăţilor şi în pactele dintre societăţi.

Primul Război Mondial a fost ultimul mare conflict în care lupta era considerată nobilă de majoritatea oamenilor din ţările dezvoltate din punct de vedere ştiinţific şi tehnologic. Răspândirea informaţiei, graţie progresului ştiinţific şi tehnologic, a contribuit la modificarea conştiinţei populare. La mijlocul secolului XX existau deja nu doar ziarele cu largă răspândire, ci şi transmisiunile radio şi jurnalele de ştiri difuzate la cinematograf, în care oamenii vedeau ororile războiului, inclusiv distrugerea cu arme atomice a celor două oraşe japoneze. Toate acestea au avut o consecinţă pe care nu o anticipaseră nici guvernele, nici forţele lor armate care au lansat bombele: oamenii au înţeles tot mai mult că luptele dintre naţiuni şi imperii concurente sunt contraproductive.

Pg.634

Cei care au luat iniţiativa au fost gânditorii de frunte ai vremii. Filozoful Bertrand Russell şi Albert Einstein au contactat oameni de ştiinţă renumiţi, inclusiv pe Joseph Rotblat, care fusese recrutat de guvernul american să ajute la construirea bombei atomice. În 1955, ei au publicat la Londra aşa-numitul Manifest Russell-Einstein. Vorbind „nu ca membri ai unei naţiuni, ai unui continent sau ai unei credinţe, ci ca fiinţe umane, ca membri ai speciei Homo...“, ei au formulat următoarea întrebare directă: „*Vom duce la pieire specia umană, sau omenirea va renunţa la război?*“[4]

Acest manifest a avut ca urmare seria de conferinţe Pugwash, care au reunit intelectuali influenţi şi figuri publice preocupate de reducerea pericolelor conflictului armat şi de cooperarea în vederea găsirii unor soluţii pentru problemele globale. În 1995, Conferinţele Pugwash şi Joseph Rotblat, cofondator, au primit Premiul Nobel pentru Pace.

De asemenea, manifestul a determinat apariţia unor mişcări pentru pace în întreaga lume, dar apelurile lor la dezarmare au întâmpinat rezistenţă din partea guvernelor şi a intereselor egoiste ale complexelor lor militar-industriale, aşa cum a avertizat Dwight Eisenhower, fost general şi preşedinte al SUA, în 1961, în cuvântul său de rămas-bun. După ce a subliniat că SUA au cheltuit mai mult pentru securitatea militară decât venitul net al tuturor corporaţiilor americane, a spus explicit:

> Trebuie să ne ferim să dobândim influenţă nejustificată, cu intenţie sau nu, prin intermediul complexului militar-industrial. Potenţialul pentru o creştere dezastruoasă a puterii acolo unde nu-i este locul există şi va persista.[5]

Din a doua jumătate a secolului XX s-au făcut paşi şovăitori pentru

abandonarea competiţiei dintre imperii şi pentru cooperarea societăţilor umane la nivel supranaţional şi global. În 1945, învingătorii din al Doilea Război Mondial au cooptat cinzeci şi una de ţări pentru a forma Organizaţia Naţiunilor Unite, cu obiectivele de a menţine pacea şi securitatea internaţională şi de a promova cooperarea internaţională în abordarea problemelor globale ce afectează întreaga omenire. Atingerea acestor scopuri a fost totuşi împiedicată de Războiul Rece dintre SUA şi Uniunea Sovietică. Totuşi, ONU a făcut progrese la scară globală în privinţa ţelurilor economice, culturale şi umanitare, prin agenţii precum OMS (Organizaţia Mondială a Sănătăţii), UNESCO (Organizaţia Naţiunilor Unite pentru Educaţie, Ştiinţă şi Cultură) şi UNICEF (Fondul Internaţional pentru Urgenţe ale Copiilor al Naţiunilor Unite). În mod paradoxal, imperiul sovietic s-a dezmembrat nu prin forţa armelor, ci din cauza costurilor tot mai ridicate ale acestora, care au distrus economia sovietică, şi a dorinţei popoarelor subjugate de a se elibera de opresiunea sovietică.

Pg.635

Europa, continentul unde a început revoluţia ştiinţifică, a preluat conducerea în încurajarea cooperării dintre statele naţionale, în detrimentul competiţiei. În 1951, Franţa, Germania, Italia, Belgia, Olanda şi Luxemburgul au alcătuit Comunitatea Europeană a Cărbunelui şi Oţelului (ECSC), având ca scop o industrie integrată a cărbunelui şi oţelului, astfel încât acestea să nu mai poată fi folosite vreodată de statele membre pentru a se război între ele. ECSC a evoluat în actuala Uniune Europeană, formată din 28 de naţiuni, dintre care 17 au o monedă comună. Pierderea parţială a suveranităţii naţionale în schimbul păcii şi beneficiilor sociale şi economice s-a dovedit discutabilă, aşa cum au arătat măsurile bugetare ale UE în anii 2012 şi 2013 şi creşterea susţinerii pentru partidele ultranaţionaliste la alegerile din 2014 pentru Parlamentul European. Dar evoluţia noetică, la fel ca evoluţia biologică, nu este un proces lipsit de obstacole. Totuşi, e sigur că nici unul dintre statele membre nu ar putea să declare război altuia, fapt recunoscut prin Premiul Nobel pentru Pace acordat Uniunii Europene în anul 2012, „pentru contribuţia de peste şase decenii la stabilirea păcii şi reconcilierii, a democraţiei şi a drepturilor omului în Europa“.[6]

Reducerea globală a agresivităţii dintre societăţi a fost dublată de o reducere atât a agresiunii dintre indivizi, cât şi a agresiunii dintre societate şi indivizi, fie ei membri ai respectivei societăţi sau ai alteia. Acceptarea la scară largă a acestei tendinţe a fost marcată de Declaraţia Universală a Drepturilor Omului, adoptată în 1948 de Adunarea Generală a Organizaţiei Naţiunilor Unite, votată cu 48 de voturi pentru, nici un vot împotrivă şi 8 abţineri, ale blocului sovietic, Africii de Sud şi Arabiei Saudite. Primul articol declară:

> Toate fiinţele umane se nasc libere şi egale în demnitate şi drepturi. Ele sunt înzestrate cu raţiune şi conştiinţă şi ar trebui să acţioneze unele faţă de altele în spiritul fraternităţii.

Alte articole denunţă sclavia, tortura şi cruzimea, tratamentul inuman sau degradant sau pedeapsa. Tot un semn al dezvoltării gândirii umane este şi faptul că majoritatea oamenilor din societăţile avansate din punct de vedere ştiinţific sunt consternaţi când au loc astfel de acte, înfăptuite în special de guvernele unor state sau de agenţii ale acestora, de exemplu tortura practicată de militarii americani în închisoarea Abu Ghraib din Irak în anii 2003 şi 2004 sau violarea protestatarilor politici de către anchetatorii şi gărzile iraniene revoluţionare în mai multe închisori iraniene, după alegerile din 2009.[7]

Creşterea cooperării

Evoluţia gândirii care a dus la reducerea agresivităţii a provocat şi o creştere a cooperării.

Piotr Kropotkin, naturalistul care la sfârşitul secolului al XlX-lea susţinea că ajutorul reciproc este un factor mai puternic decât competiţia în evoluţia biologică[246] şi-a extins demonstraţia la evoluţia umană. El susţinea că izvoarele istorice oferă o imagine distorsionată:

> Poemele epice, inscripţiile de pe monumente, tratatele de pace - aproape toate documentele istorice au acelaşi caracter; vorbesc despre încălcări ale păcii, nu despre pace. De aceea, chiar şi istoricii cu cele mai bune intenţii prezintă, inconştient, o imagine distorsionată a vremurilor pe care încearcă să le descrie.[8]

Această opinie este susţinută astăzi de distinsul istoric Davin Cannadine în cartea sa din 2013 *The Undivided Past: History Beyond Our Differences*[9], în care afirmă că istoricii au subliniat conflictele interne şi externe dintre religii, rase sau etnii, dar au ignorat nenumăratele exemple de cooperare şi de interacţiuni profitabile care au existat între aceste entităţi.

Încă din vremea primilor oameni există dovezi nu numai ale colectivi- zării[247], ca la insectele sociale, ci şi ale cooperării, aşa cum am definit-o în capitolul 19:

> **cooperare** Colaborare voluntară pentru atingerea unor obiective stabilite în comun sau pentru beneficiul reciproc.

Spre deosebire de colectivizarea instinctivă sau forţată, cooperarea necesită gândire reflexivă, iar aceasta este o trăsătură specific umană. Semne timpurii ale cooperării sunt menţionate în capitolul 26, în care am examinat apariţia oamenilor[248]. În capitolul 27, dedicat evoluţiei gândirii primitive, am arătat cum aceasta s-a dezvoltat înfruntând

instinctul de competiţie dominant, care a avut drept consecinţe colectivizarea forţată şi dezvoltarea imperiilor ierarhizate[249]. Pe măsură ce s-a dezvoltat gândirea filozofică, Regula de Aur, de a face altora, inclusiv duşmanilor tăi, ceea ce ţi-ai dori să ţi se facă ţie, care este o regulă izvorâtă din cooperare, a contracarat tendinţa dominantă a acelor vremuri, anume competiţia agresivă cu celelalte state pentru resurse şi teritoriu.

Pg.637

Prăbuşirea Imperiului Roman de Apus în secolul al V-lea a marcat începutul a ceea ce istoricii din Occident numesc perioada medievală. Cu toate acestea, goţii, vandalii, anglii, saxonii, lombarzii şi alte triburi numite, depreciativ, barbare, care au invadat dinspre est, au adus cu ele din societăţile lor rurale tradiţia adunărilor *folkmote*, sau adunarea tuturor bărbaţilor adulţi, care hotărau cum trebuie lucrat pământul, de regulă proprietate comună. Cele mai multe dintre aceste f*olkmotes* îşi alegeau, de asemenea, reprezentanţi care să arbitreze conflictele, să decidă cine e răspunzător de o vătămare sau o nedreptate şi stabileau o amendă drept compensaţie, în loc ca partea vătămată să se răzbune. Parte din această compensaţie era reţinută de sat pentru activităţi comune.[10] Astfel de tradiţii au fost precursoare ale parlamentelor moderne şi ale sistemelor judiciare.

Pe măsură ce populaţiile barbare s-au răspândit, Europa a devenit un mozaic de sisteme socio-politice diferite. Biserica a devenit o putere seculară, foştii invadatori s-au creştinat, în timp ce cetăţenii fostului Imperiu Roman de Apus au asimilat tradiţii barbare; au apărut noi valuri de invazii; cetele de războinici, fiecare condusă de o căpetenie, ofereau protecţie ţăranilor care lucrau pământul în schimbul unui tribut, ceea ce a dus la apariţia sistemului feudal. Totuşi, cooperarea a existat în continuare în cele mai multe părţi ale Europei, pe măsură ce satele prospere s-au dezvoltat în cetăţi şi oraşe, reafirmându-şi rădăcinile cooperante prin aceea că membrii lor formau, în funcţie de profesie, frăţii sau bresle de muncă, bazate pe o conducere autonomă şi democratică şi pe întrajutorare. Multe dintre acestea erau permanente, precum breasla negustorilor, a meşteşugarilor, a agricultorilor şi a învăţătorilor, în timp ce alte bresle erau temporar alcătuite pentru scopuri speciale precum expediţiile pe mare pentru schimburi de mărfuri sau construirea unei biserici sau catedrale.

Cetăţile medievale din Europa s-au organizat ca o dublă federaţie: a posesorilor de gospodării grupate în uniuni teritoriale mici - de fapt, mici comunităţi săteşti, fiecare cu parohia sa - şi a oamenilor uniţi prin legământ în bresle, după profesiile lor. Locuitorii unora dintre cetăţi au cooperat în continuare formând comune ai căror cetăţeni erau legaţi de jurăminte care-i angajau la ajutor reciproc pentru

schimburi şi apărare; astfel de comune s-au dezvoltat şi în unele zone rurale. Ele au devenit tot mai puternice şi au câştigat o independenţă substanţială faţă de stăpânii feudali. Această independenţă a crescut prin cooperarea cu alte comune, în cadrul unor federaţii precum Liga Lombardă, din centrul şi nordul Italiei.

Pg.638

În decurs de aproximativ 350 de ani de la începutul secolului al Xl-lea, faţa Europei s-a schimbat prin astfel de activităţi cooperative. Sate neînsemnate şi mici aşezări au crescut transformându-se în cetăţi medievale fortificate, în care au înflorit comerţul, artele, meseriile şi învăţământul, împreună cu construirea unor clădiri impresionante, precum catedralele gotice din Koln şi Chartres.

Dispariţia celor mai multe comune medievale în decursul secolelor al XlV-lea-al XVI-lea a avut diverse cauze de la un loc la altul. Un factor important a fost îndepărtarea de la principiile cooperării pentru păstrarea avuţiei şi puterii. Nou-veniţii şi ţăranii care munceau pământurile au fost marginalizaţi, iar comunele au rămas vulnerabile în faţa tiranilor care au uzurpat fără milă puterea sau au fost subjugate de puterea statelor centralizate. În mod normal, un astfel de stat era condus de un monarh ereditar, un descendent al celei mai puternice căpetenii.

Deşi cooperarea ca formă de guvernare a suferit un regres, tradiţiile sale au influenţat diversele acorduri la care au ajuns puterile competitoare ale monarhului, nobililor, Bisericii şi negustorilor, în special în parlamente, care s-au dezvoltat pentru a aproba şi apoi a elabora legi şi a stabili taxe.

Cooperarea a reapărut la mijlocul secolului al XlX-lea în Anglia industrializată, ca răspuns la exploatarea capitalistă a forţei de muncă. Gânditorii iluminişti precum Robert Owen, un industriaş de succes, au fondat comunităţi cooperative ai căror membri puteau lucra împreună pentru a-şi satisface nevoile economice şi sociale, inclusiv educaţia copiilor. Nici una dintre acestea nu a rezistat, în mare parte din cauza structurii lor economice. Totuşi, au deschis drumul pentru cei 28 de bărbaţi care au întemeiat în 1844 Rochdale Equitable Pioneers Society, pornind de la un set de principii socio-economice care s-au dovedit de succes. Apoi au apărut tot mai multe astfel de societăţi cooperative organizate pe aceste principii şi s-au răspândit în întreaga lume, valorificând tradiţiile de cooperare locale.[11] În 1895, după numai 51 de ani de la declararea acestor principii cooperative în Rochdale, pe atunci un oraş profilat pe manufactura bumbacului, federaţiile cooperative naţionale au colaborat pentru a forma o alianţă internaţională.[12] În 2012, Alianţa Cooperativă Internaţională estima că mai mult de un miliard de oameni - unul din şapte locuitori ai planetei - făceau parte dintr-o cooperativă de consumatori,

muncitorească, imobiliară, agricolă sau din alte întreprinderi cooperative.[13]

Organizaţiile politice şi economice bazate pe competiţie s-au alăturat mai greu acestei iniţiative. Totuşi, de la jumătatea secolului XX, organizarea ierarhică a unui imperiu condus de un autocrat a lăsat locul statelor naţionale democratice care cooperează regional, aşa cum sunt cele din Uniunea Europeană, şi încearcă, nu întotdeauna cu succes, să coopereze la nivel global prin intermediul Organizaţiei Naţiunilor Unite şi al agenţiilor sale.

Pg.639

În capitolul 29 am arătat că progresul ştiinţific a fost realizat în primul rând prin cooperare. Oamenii de ştiinţă independenţi au făcut fără îndoială progrese conceptuale semnificative, dar acestea au fost dezvoltate prin cooperare odată cu crearea societăţilor ştiinţifice, cu publicarea descoperirilor lor şi cu dezvoltarea echipelor internaţionale pentru investigarea diverselor fenomene.

Viteza schimbării

Evoluţia umană s-a accelerat constant. Oamenii au apărut ca specie dotată cu conştiinţă reflexivă cu cel puţin 40.000-10.000 de ani în urmă. Dacă luăm în considerare o medie de 25.000 de ani, constatăm că în 88% din timpul scurs de atunci societăţile omeneşti au fost exclusiv primitive; reflecţia despre sine şi despre relaţiile cu restul universului se baza pe superstiţii şi avea drept scop exclusiv supravieţuirea. Numai în 12% din acest timp reflecţia oamenilor a inclus şi preocuparea pentru cunoaştere şi înţelegere în sine, prin intuiţie şi raţionament, în timp ce epoca ştiinţifică, a gândirii bazate pe observaţie sistematică şi verificarea dovezilor, ocupă mai puţin de 2% din durata existenţei umane.

Dacă ar fi să folosim analogia cu un ceas de 24 de ore, iar oamenii ar fi apărut la ora 0, atunci gândirea filozofică a apărut cu două ore şi 53 de minute înainte de ora 24, în timp ce gândirea ştiinţifică a apărut cu numai 27 de minute înainte de aceeaşi oră, aşa cum reiese din figura 31.1.

Globalizarea

Ca nici o altă specie, oamenii s-au răspândit pe întreg pământul, folosind conştiinţa reflexivă pentru a găsi căi de supravieţuire în orice mediu, fără să se împartă în specii diferite. Globalizarea, mai curând decât răspândirea globală, a început să se accelereze de la mijlocul secolului XX, odată cu dezvoltarea călătoriilor internaţionale accesibile. Acest lucru a dus la creşterea încrucişărilor rasiale şi reducerea diferenţelor fiziologice şi culturale, susţinute şi de inventarea comunicării electronice globale[250].

Comerţul s-a globalizat de asemenea. Mai mult, şi gândirea a început se globalizeze. Organizaţiile ştiinţifice, politice, economice, educaţionale şi umanitare supranaţionale, precum ONU şi agenţiile sale despre care am vorbit mai înainte, au devenit treptat reţele de gândire globală.

În decembrie 1968, în plin Război Rece, imaginile trimise spre centrul de comandă de astronauţii navetei spaţiale Apollo 8 au arătat pentru prima dată planeta albastră, verde, maro şi albă numită Pământ răsărind în întunecimea rece a spaţiului de deasupra suprafeţei lunare cenuşii, lipsită de viaţă. Această imagine a jucat un rol semnificativ în crearea conştiinţei globale. Pe planetă nu era marcată nici o graniţă naţională. Era casa noastră, a tuturor, membri ai aceleiaşi specii încercând

Pg.640

să supravieţuiască într-un habitat mic şi aflat într-un echilibru precar. A fost o experienţă care le-a schimbat viaţa acelor foşti piloţi de avioane de luptă care au trăit-o pentru prima oară. Pentru restul oamenilor, a condus la mişcări globale de protecţie a mediului şi la înţelegerea pe scară tot mai largă a naturii autodistruc- tive a războiului, în opoziţie cu atitudinea predominantă alimentată de complexele industrial-militare.

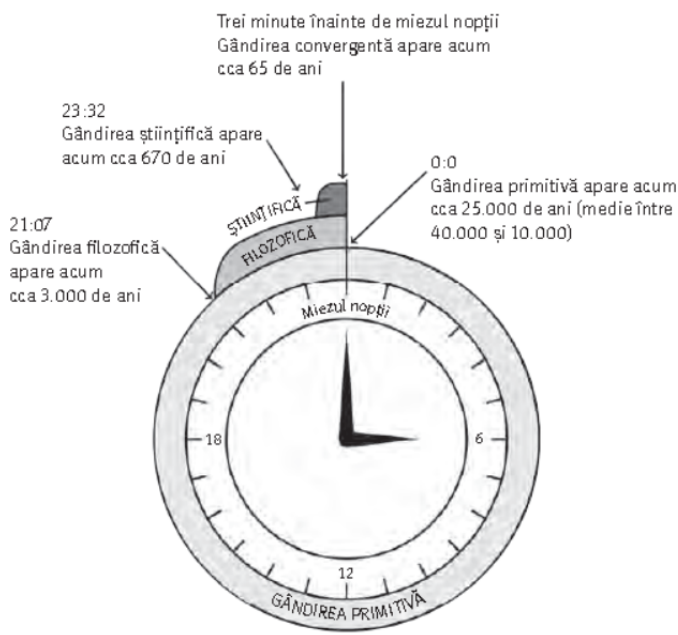


Figura 31.1 Etapele evoluției umane reprezentate pe un ceas cu 24 de ore.

Micile grupuri locale s-au transformat rapid în organizaţii nonguvernamentale globale. Medecins Sans Frontieres, fondată în

1971 de câţiva doctori şi de editorul unei reviste medicale din Franţa, are acum birouri în 23 de ţări şi asigură ajutor medical de urgenţă pentru oamenii afectaţi de conflicte armate, epidemii şi dezastre naturale. Acţionează imparţial, neţinând seama de afilierea politică sau religioasă sau de graniţele naţionale. În 1999, a primit Premiul Nobel pentru Pace. Greenpeace a fost fondată în 1971 de 12 oameni care protestau împotriva folosirii armelor nucleare navigând în zona Insulelor Aleutine, unde militarii americani se pregăteau să testeze arme nucleare. Şi-a extins activităţile pentru a cuprinde problemele globale de mediu, iar acum operează în peste 50 de birouri naţionale şi regionale din întreaga lume, respectându-şi angajamentul de a protesta paşnic.

Pg.641

Dezvoltările tehnologice au însemnat că, teoretic, de la începutul secolului XXI, orice om de pe planetă poate fi conectat cu oricare altul prin reţelele multimedia globale. În practică, tot mai mulţi oameni sunt conectaţi global prin reţelele de socializare precum Facebook, care susţinea în 2012 că are mai mult de un miliard de utilizatori activi. Per total, în 2011 o treime din populaţia de şapte miliarde de locuitori ai planetei era conectată online şi existau 6 miliarde de utilizatori de telefoane mobile.[14] Până în 2020, după cum susţine compania de telecomunicaţii suedeză Ericsson, societatea globală va fi conectată prin mai mult de 50 de miliarde de aparate electronice, din care 15 miliarde vor fi dotate cu capacităţi video.[15]

Complexificarea

În cel puţin 60% din existenţa umană, oamenii au trăit în grupuri mici, simple, mai ales de tipul familiilor extinse, permanent în mişcare, cu singurul scop de a supravieţui şi cu o diviziune simplă a muncii între vânători şi culegători; toţi bărbaţii adulţi participau la lupte. Aşa cum am arătat în detaliu în capitolul 27, odată cu inventarea agriculturii şi cu stabilirea unor aşezări permanente a început un proces de complexificare a societăţilor umane şi a culturii lor.

Evoluţia gândirii ştiinţifice a dus la o complexificare din ce în ce mai rapidă a tuturor aspectelor societăţii şi culturii umane, de la organizaţiile sociale, economice şi politice la comunicaţii, educaţie, ocupaţii, arte şi activităţi de recreere. În secolul XXI, un individ dintr-o ţară avansată din punct de vedere ştiinţific poate să trăiască alături de familia sa imediată şi în acelaşi timp să fie membrul unei familii extinse, răspândită pe întreg globul, ai cărei membri comunică între ei numai electronic. Prin educaţie, respectivul individ ar putea să dobândească mobilitate socială şi să practice o ocupaţie foarte diferită de cea a părinţilor săi, desfăşurată într-o companie sau o organizaţie

locală, regională, naţională sau internaţională. Poate fi membrul comunităţii de cartier, al comunităţii locale, al unui partid politic, al comunităţii oraşului, al naţiunii şi al unei organizaţii supranaţionale precum Comunitatea Europeană. În acelaşi timp, poate fi membru al unui cor local, al unui club de fotbal, al unui grup de lectură local sau global, şi în acelaşi timp membru al mai multor reţele sociale globale. Această complexificare a început abia în ultimii aproximativ 65 de ani din cei 25.000 de ani de când există omenirea, ceea ce reprezintă mai puţin de 0,25% din durata existenţei umane.

Tendinţa avangardei

Aceste tipare caracterizează avangarda evoluţiei umane. Majoritatea populaţiei umane nu face parte din societăţile dezvoltate din punct de vedere ştiinţific; culturile lor seamănă în mare parte cu cele ale societăţilor europene din diferite stadii de dezvoltare. În Bangladeshul de astăzi, de exemplu, lucrătorii textili locuiesc în cocioabe, lucrează un număr mare de ore în condiţii precare şi sunt printre cei mai prost plătiţi muncitori din lume; guvernele, prin diferite înţelegeri cu proprietarii de fabrici, înăbuşă încercările muncitorilor de a se asocia în sindicate, îi arestează pe activişti şi nu reacţionează la demersurile de intimidare şi blocare a formării de sindicate întreprinse de proprietarii de fabrici.[16] Aceasta ar fi putut fi o descriere a muncitorilor textilişti din nord-vestul Angliei de la sfârşitul secolului al XVIII-lea şi începutul secolului al XlX-lea. În general, ţările în curs de dezvoltare evoluează în mod asemănător, dar mai rapid decât ritmul în care au evoluat naţiunile avansate din punct de vedere ştiinţific.

Majoritatea populaţiei din societăţile dezvoltate nu este totuşi imună la credinţele născute din imaginaţia primitivă şi din teama de necunoscut, inoculate de-a lungul câtorva sute de generaţii. După cum reiese din figura 31.1, gândirea primitivă nu dispare odată cu apariţia gândirii ştiinţifice. Nu este surprinzător deci să spunem că o mare parte din populaţia SUA, care au un înalt nivel de dezvoltare ştiinţifică, crede în povestea biblică a creaţiei, deşi nu numai nenumăratele dovezi, ci şi evidenţa logică o contrazic[251]. Sau că în ţările avansate din punct de vedere ştiinţific atât de mulţi membri ai celei mai mari religii din lume cred că Dumnezeu alege conducătorul Bisericii şi îl inspiră să vorbească infailibil despre credinţă şi morală.

Avangarda este restrânsă şi are o vechime de numai o sută de ani. Dar indică direcţia în care se îndreaptă evoluţia umană. Este demn de menţionat, de exemplu, faptul că Biserica Romano-Catolică îşi pierde rapid membrii în ţările dezvoltate ştiinţific din Europa şi SUA, în timp ce majoritatea celor care rămân nu cred în învăţăturile Bisericii despre

aspecte morale precum controlul naşterilor; rămân în Biserică numai cei care cred pe deplin, din regiuni subdezvoltate, mai ales din Africa şi America de Sud.

În general, instinctul pentru competiţia agresivă, moştenit din istoria de milioane de ani a strămoşilor preumani, şi credinţele primitive inoculate de-a lungul a mii de ani sunt forţe extrem de puternice care au modelat profund evoluţia umană, dar care slăbesc treptat. Cooperarea, deosebită de colectivizarea impusă de un rege, de un împărat sau de un lider religios, a înfruntat aceste forţe şi a început să influenţeze hotărâtor evoluţia umană acum mai puţin de 100 de ani, cam în aceeaşi perioadă în care descoperirile şi invenţiile ulterioare celei de-a doua revoluţii ştiinţifice au început să producă schimbări semnificative în societăţile umane. Dar aceşti doi factori - cooperarea şi gândirea ştiinţifică - devin rapid forţe care modelează evoluţia umană.

Convergenţa

Direcţia în care se îndreaptă, oricât de şovăitor, avangarda evoluţiei umane este convergenţa.

Apariţia speciei umane, care s-a răspândit pe tot globul, a creat ceea ce paleontologul Pierre Teilhard de Chardin a numit noosferă (termenul mai potrivit pe care-l sugerez ar fi cel de strat noetic), care a evoluat din biosferă (mai potrivit numită biostrat), care la rândul ei a evoluat din litosferă (mai nimerit numită geosferă). Teilhard a prevăzut în mod abstract că acest strat al gândirii complexificate s-ar intensifica şi ar converge spre o nouă etapă a procesului evolutiv cosmic. Umanistul Julian Huxley a împărtăşit viziunea lui Teilhard, dar nu şi ideea că acest stadiu ar echivala cu o cristificare a cosmosului, provenită mai curând din profunda lui credinţă religioasă decât dintr-un raţionament metafizic.[17]

Nici Teilhard, nici Huxley nu au trăit să vadă ultimii 65 de ani, în care viziunea lor a început să se realizeze. Nu numai că s-a format un strat de gândire în jurul Pământului, dar, ca urmare a ritmului tot mai accelerat al descoperirilor ştiinţifice şi al inovaţiilor tehnologice de la mijlocul secolului XX, cooperarea extinsă între oameni, complexificarea societăţilor umane şi globalizarea activităţii umane produc o tendinţă către convergenţă în opoziţie cu divergenţa caracteristică competiţiei.

La nivel biologic, semnele acestei convergenţe sunt vizibile în reducerea diferenţelor dintre subspecii. Termenul „rasă“ este rareori folosit astăzi în sens ştiinţific, pentru simplul motiv că grupurile umane, în afară de cele care trăiesc izolat, nu pot fi definite prin trăsături fizice sau genomuri unice. Tendinţa către convergenţă se

manifestă cel mai evident în reţelele de intercomunicaţii, interacţiuni şi cooperare pe care oamenii le formează la nivel individual, familial, local, naţional, internaţional şi global. Ea produce o conştiinţă umană împărtăşită care reflectează asupra unor lucruri precum supravieţuirea întregii specii umane, habitatul nostru planetar, celelalte specii de pe planetă, evoluţia sa viitoare ca specie şi relaţiile sale cu restul universului din care face parte. Aceasta nu implică o evoluţie spre uniformizare, ci mai degrabă o varietate în unitate. Aşa cum conştiinţa introspectivă a unui singur individ se corelează cu interacţiunea şi colaborarea dintre nenumărate reţele de celulele nervoase, conştiinţa introspectivă a întregii specii se corelează cu interacţiunea şi colaborarea dintre nenumăratele reţele de conştiinţă umane.

Această tendinţă convergentă şi accelerată este extrem de recentă în istoria omenirii. Figura 31.1 arată că a început cu 3 minute înainte de miezul nopţii, raportat la cele 24 de ore care reprezintă vechimea existenţei umane.

Pg.644

Hominizarea

Acest proces evolutiv al hominizării, sau ceea ce Julian Huxley numea evoluţia progresivă psihosocială, se accelerează, dar nu este nici pe departe complet; membrii speciei ar fi mai bine definiţi ca oameni în devenire decât ca fiinţe umane. Prin analogie cu dezvoltarea omului la nivel individual, specia umană s-a născut după o foarte lungă gestaţie, a trăit o copilărie deconcertantă şi adesea înspăimântătoare, a trecut printr-o adolescenţă dificilă, iar acum bâjbâie către vârsta adultă.

Dualitatea schimbătoare a naturii umane

Dualitatea fundamentală a naturii umane s-a manifestat încă de la apariţia speciei, prin opoziţia dintre cooperare şi competiţie, dintre altruism şi egoism, dintre compasiune şi agresivitate. A fost privită ca un conflict între bine şi rău, mitologizat în povestiri din toate timpurile, de la povestea despre Cain şi Abel din Biblia ebraică, ispitirea lui Buddha de către demonul Mara, înainte să primească iluminarea, şi ispitirea lui Isus în deşert de către diavol, până la povestirea despre Jekyll şi Hyde a lui Robert Louis Stevenson, de la sfârşitul secolului al XlX-lea, în care se vorbeşte explicit despre conflictul interior al individului.

Dar acest conflict nu este static. Conştiinţa reflexivă a evoluat tot mai rapid de la apariţia ei şi schimbă echilibrul acestei dualităţi. Instinctul agresiv pentru competiţie îşi păstrează puterea, dar îşi pierde treptat forţa de modelare a evoluţiei umane, fiind contracarat de o înţelegere tot mai profundă a faptului că specia umană nu poate

să supravieţuiască şi să-şi continue evoluţia decât prin cooperare paşnică.

Integrarea tiparelor în dovezi

Integrarea acestor tipare dinamice în dovezile evoluţiei oamenilor moderni poate fi reprezentată schematic ca în figura 31.2 (care nu este făcută la scară).

Evoluţia conştiinţei reflexive a început foarte lent şi a avut un parcurs şovăitor, înfruntând instinctul dominant, moştenit de la strămoşii preumani. Consecinţele sale, precum cooperarea, au făcut mereu doi paşi înainte şi unul înapoi: cooperarea a fost adesea subminată de agresivitate şi transformată în cooperare forţată, care este un lucru cu totul diferit. Conştiinţa reflexivă a început să influenţeze semnificativ societăţile umane abia în urmă cu aproximativ 3000 de ani, odată cu apariţia gândirii filozofice. Apoi, dezvoltarea ei s-a accelerat în etapa gândirii ştiinţifice. În prezent, principalele sale consecinţe - cooperarea, altruismul, complexificarea şi convergenţa - nu le-au depăşit încă pe cele ale instinctului, dar dezvoltarea continuă şi rapiditatea ei sugerează că acest lucru se va întâmpla într-un viitor nu foarte îndepărtat.

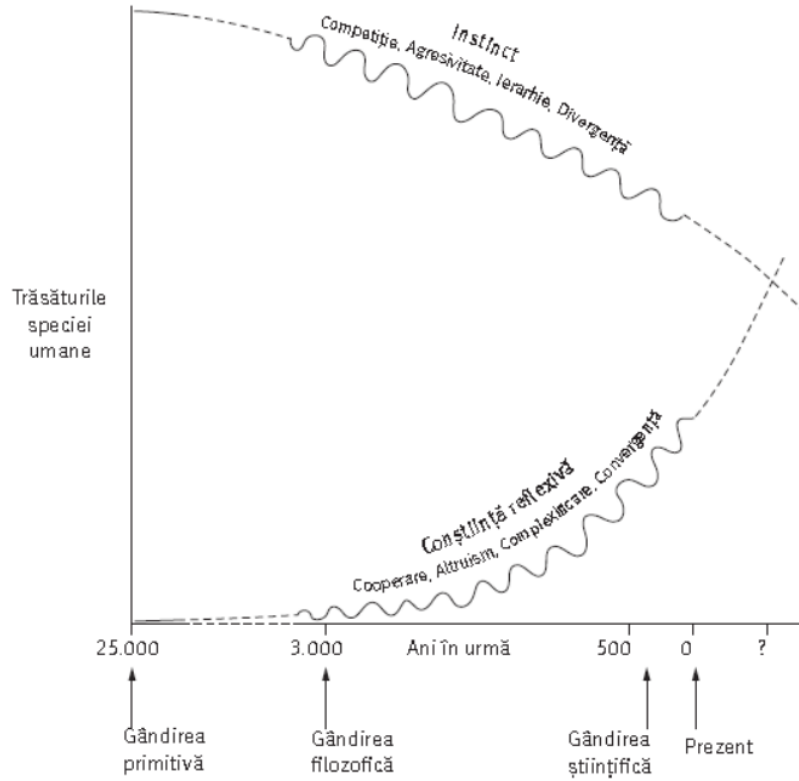


Figura 31.2 Tipare în evoluţia omului modern. Liniile ondulate indică progresul şovăielnic, o serie de paşi înainte şi de reculuri
Pg.646

PARTEA A PATRA
Un proces cosmic

CAPITOLUL 32
Limitările stiintei

Metoda ştiinţifică este singura cale prin care se poate descoperi natura realităţii.

Peter Atkins, 2011

Deşi este numită epoca investigaţiei ştiinţifice, epoca noastră a devenit una a superstiţiilor privind infailibilitatea ştiinţei.

Louis Kronenberger, 1954

Pe parcursul acestei investigaţii, ne-am dat seama că există limite cu privire la ceea ce ne poate spune ştiinţa despre ce suntem şi cum am evoluat de la originile universului. Voi trece în revistă două

categorii de limitări: (1) din domeniul ştiinţei şi (2) ale domeniului ştiinţei. Voi menţiona pe scurt câteva lucruri din afara domeniului ştiinţei pe care trebuie să le cunoaştem pentru a răspunde la întrebările ce suntem?, de unde am venim?, cum am evoluat? şi voi încheia sugerând o altă posibilă limitare.

LIMITĂRILE DIN DOMENIUL ŞTIINŢEI

În capitolul 29 am reluat definiţia ştiinţei aşa cum este ea înţeleasă astăzi şi am adăugat metoda ştiinţifică general acceptată, de care este inseparabilă, menţionând că oamenii de ştiinţă n-au urmat mereu toţi paşii acestei metode, în special în cazul principalelor descoperiri conceptuale. În interiorul acestui domeniu există limitări cu privire la ce ne poate spune ştiinţa, dar ele pot fi depăşite pe măsură ce ştiinţa avansează, în timp ce alte limitări sunt de nedepăşit. Este util să analizăm ambele categorii în cadrul diferitelor aspecte interconectate ale ştiinţei.

Observaţia şi măsurătoarea

Ştiinţa foloseşte observaţii şi experimente sistematice, preferabil măsurabile, dar dacă două teorii ştiinţifice de bază sunt valide există limite cu privire la ce poate fi supus observaţiei şi măsurătorilor.

Dacă teoria cuantică este validă, rezultă, conform principiului incertitudinii al lui Heisenberg, că cu cât suntem mai siguri de măsurarea poziţiei unui obiect, cu atât suntem mai puţin siguri de măsurarea vitezei lui din acelaşi moment. Acest principiu se aplică şi în cazul măsurării energiei unui obiect la un moment anume. Pentru obiectele vizibile, produsul celor două incertitudini este atât de mic, încât poate fi considerat neglijabil. Totuşi, pentru obiecte cu masa unui atom sau mai mică, precum un electron, incertitudinea este semnificativă.

Pg.649

În plus, nu putem să măsurăm un interval de timp mai mic de 10^{-43} secunde sau să spunem ceva semnificativ despre un eveniment care are loc într-un asemenea interval de timp. Deşi pentru majoritatea fenomenelor aceasta nu este o limitare practică, multe dintre modelele inflaţiei din cosmologie speculează că în astfel de intervale de timp de la începutul universului au avut loc evenimente importante.

Dacă teoria relativităţii restrânse este validă, atunci nimic nu poate să se deplaseze mai repede decât lumina, şi de aceea nu putem observa nimic aflat mai departe de noi decât distanţa parcursă cu viteza luminii de la începutul universului; este ceea ce se numeşte „orizontul particulei“. În plus, dacă actualul model cosmologic ortodox, cel al Big Bangului fierbinte, este valid, atunci nu putem

observa nimic înainte de circa 380.000 de ani de la Big Bang, deoarece atunci radiaţia electromagnetică nu se decuplase încă de materie; este ceea ce se numeşte „orizontul vizual“[252].

Datele

Datele ştiinţifice - informaţia obţinută prin observaţie sistematică sau prin experiment - suportă patru tipuri de limitări. În primul rând, există date care nu au fost încă obţinute, dar sunt activ căutate, de exemplu ce este materia neagră despre care se crede că ar armoniza teoria gravitaţiei cu observaţiile[253], deşi unii teoreticieni susţin că modificările aduse teoriei gravitaţionale înlătură nevoia ca materia neagră să existe[254].

În al doilea rând, există date neanticipate care vor fi descoperite în viitor şi vor duce la modificări ale teoriei. Descoperirea radioactivităţii a dus în cele din urmă la teoria interacţiunii nucleare slabe, care este una dintre cele patru forţe fundamentale ale universului[255].

Următoarele două tipuri de limitări sunt de nedepăşit. Datele existente pot fi intrinsec incerte. De exemplu, cele mai vechi consemnări scrise nu erau aproape niciodată concepute să relateze fapte, ci serveau nevoilor propagandei în favoarea unui conducător sau unei religii, aşa cum este istoria biblică a căderii Ierihonului, în timp ce dovezile despre gândirea filozofică din Antichitatea greacă provin din surse secundare şi terţiare, scrise la câteva sute de ani mai târziu.

Pg.650

În ultimul rând, datele se pot pierde definitiv. Am văzut în capitolul 14 că, din cauza faptului că fosilizarea este un fenomen atât de rar şi că practic toate rocile sedimentare au fost scufundate sau au devenit roci metamorfice în primul miliard de ani din existenţa Pământului, este aproape sigur că nu vom obţine niciodată dovezi cu privire la cum arătau primele forme de viaţă de pe Pământ[256]. Numărul mic de specimene fosile face imposibilă, printre altele, determinarea liniei evolutive concrete de la primate la oamenii moderni[257].

Subiectivitatea

Metoda ştiinţifică este adesea considerată singura prin care putem ajunge la explicarea obiectivă a fenomenelor, dar, aşa cum spunea imunologul Peter Medawar, laureat al Premiului Nobel, „observaţia inocentă, nepărtinitoare este un mit.“

Subiectivitatea poate limita puterea explicativă a ştiinţei în trei moduri: adoptarea (adesea inconştientă) a supoziţiilor de bază, selectarea datelor şi interpretarea datelor.

Adoptarea supoziţiilor

În spatele fiecărei explicaţii ştiinţifice stă alegerea explicită sau implicită a unor supoziţii. De exemplu, în capitolul 3 am văzut că, pentru a rezolva ecuaţia de câmp a relativităţii generale, atunci când se aplică universului, Einstein şi alţii au făcut două supoziţii explicite: universul este izotrop (arată la fel în toate direcţiile) şi este omnicentric (lucru valabil dacă este observat în acelaşi moment din orice alt punct). Prima dintre aceste supoziţii nu este deplin validă: stelele din galaxia noastră, de exemplu, formează o fâşie distinctă de lumină pe cer, cunoscută drept Calea Lactee. Cea de-a doua supoziţie nu poate fi niciodată testată.

Cu aceste două supoziţii simplificatoare, din care rezultă neapărat că există un univers omogen (care e la fel în orice punct), ecuaţiile relativităţii generale au produs trei soluţii: un univers închis, a cărui expansiune va încetini, se va opri şi apoi se va inversa, până la Big Crunch; un univers deschis, a cărui expansiune va continua indefinit, cu o rată constantă, producând în final un univers vid; şi soluţia universului plat, a cărui expansiune încetineşte fără a se opri vreodată. Cosmologii au adoptat soluţia universului plat ca supoziţie de bază pentru ceea ce a devenit modelul ortodox al Big Bangului, cu modificările care i s-au adus ulterior. În capitolele 3 şi 4 am văzut de ce acest model nu se potriveşte cu observaţiile. Totuşi, supoziţiile de la care porneşte sunt acum menţionate foarte rar sau niciodată, şi cu atât mai puţin sunt puse sub semnul întrebării, în timp ce soluţia universului închis sau cea a universului deschis sunt rareori examinate pentru a se vedea dacă nu cumva se potrivesc mai bine cu datele observaţionale.

Pg.651

În partea a doua am prezentat numeroasele supoziţii făcute atunci când biologii au încercat să explice apariţia şi evoluţia vieţii. De exemplu, explicaţia ortodoxă a evoluţiei formelor de viaţă se bazează pe supoziţia că genele, fragmente de ADN care codifică producţia de proteine, sunt răspunzătoare pentru felul în care arată şi se comportă un organism. Aceasta a fost o supoziţie rezonabilă la mijlocul secolului XX, dar s-a transformat într-o doctrină ai cărei susţinători au ignorat sau au combătut mai târziu criticile conform cărora ar fi, în cel mai bun caz, o simplificare excesivă. Timp de peste 50 de ani susţinătorii neodarwinismului au afirmat că 98% din geno- mul uman, care nu este format din gene, este un ADN deşeu fără nici o funcţie. Studiile experimentale din ultimii ani, care au urmat secvenţierii genomului uman, au arătat că această afirmaţie nu e nici pe departe adevărată, dându-le dreptate celor care contestaseră supoziţia de bază[258].

Un alt exemplu din capitolul 20 este lista supoziţiilor care stau la baza tehnicii ceasului molecular, folosită pentru a determina când s-au

separat speciile, alături de criticile substanţiale aduse acestor supoziţii[259].

Cât despre evoluţia gândirii, simţirii şi comportamentului uman, supoziţia de bază a psihologiei evoluţioniste este că astfel de caracteristici au rezultat din acumularea de modificări genetice selectate natural pe parcursul a mii de generaţii, pentru a oferi omului un avantaj competitiv pentru supravieţuirea în epoca de piatră. Am explicat în capitolul 29 de ce această supoziţie nu are un caracter raţional şi intră în conflict cu dovezile existente[260]. Supoziţiile care erau rezonabile la momentul la care au fost formulate ar trebui recunoscute explicit ca ipoteze ce trebuie revizuite, modificate sau abandonate în lumina dovezilor care le neagă, decât să fie transformate în dogme care limitează progresul puterii explicative a ştiinţei.

Selectarea datelor

Se întâmplă rareori ca alegerea unui fenomen pentru observare sistematică, măsurare sau testare experimentală şi chiar alegerea datelor în urma respectivelor observaţii şi experimente să reprezinte acte complet dezinteresate. Toate aceste opţiuni sunt puternic influenţate de alegerea conştientă sau inconştientă a supoziţiilor de bază şi, adesea, de aşteptările cu privire la rezultate. În exemplul ceasului molecular menţionat mai înainte, cercetătorii aleg ce date să

folosească pentru calibrarea ceasului molecular şi ce secvenţe de nucleotide să compare la diferite specii. Aceste opţiuni pot produce concluzii foarte diferite. De exemplu, estimările privind momentul ramificării genului Pan de cimpanzei şi a genului uman Homo variază de la 2,7 la 13 milioane de ani[261].

Selectarea datelor este frecvent legată de interpretarea lor.

Interpretarea datelor

Datele în sine, de exemplu citirea unui termometru, sunt lipsite de semnificaţie. Ştiinţa este preocupată de interpretarea datelor. Interpretarea obiectivă a datelor de către oamenii de ştiinţă este un ideal niciodată atins. Filozofii Thomas Kuhn şi Paul Feyerabend susţineau că interpretarea datelor este determinată în mare măsură de teoriile anterioare. Adevărat, fără îndoială. În partea întâi a acestei cărţi sunt cuprinse foarte multe exemple de date astronomice interpretate diferit de adepţii teoriei ortodoxe sau ai altor teorii, printre care deplasarea foarte rapidă spre roşu a radiaţiei asociate cu cuasarii[262], radiaţia supernovelor foarte îndepărtate de tip 1a[263], fluctuaţiile radiaţiei cosmice de fond[264] şi harta radiaţiei cosmice de fond făcută cu ajutorul sondei Wilkinson Microwave Anisotropy[265].

Mai mult, sunt implicaţi şi alţi factori. Oamenii de ştiinţă nu sunt maşinării. Nu se deosebesc de ceilalţi oameni şi au aceleaşi motivaţii, aceleaşi porniri egoiste, aceleaşi ambiţii şi nesiguranţe ca toată lumea. Investigarea acestor interpretări diferite m-a determinat să sugerez, recunosc, cu puţină maliţiozitate, o lege a interpretării datelor.

legea interpretării datelor Gradul în care un om de ştiinţă se îndepărtează de o interpretare obiectivă a datelor obţinute în urma investigaţiei sale depinde de patru factori: hotărârea sa de a valida o ipoteză sau de a confirma o teorie, timpul dedicat investigaţiei ştiinţifice, investiţia emoţională şi nevoia de a publica o lucrare semnificativă pentru cariera sa ori de a-şi salva reputaţia.

În ştiinţa de cea mai bună calitate îndepărtarea este redusă. Atunci când este mare, ştiinţa devine defectuoasă, aşa cum voi arăta mai târziu în acest capitol.

Pg.653

În partea a doua a cărţii am expus de asemenea problemele majore ale interpretării datelor pentru explicarea evoluţiei vieţii. Chiar în foarte rarele cazuri în care se găseşte o fosilă completă, interpretarea ei poate să fie greşită. De exemplu, o fosilă găsită în şisturile Burgess din Canada a fost iniţial considerată o specie necunoscută anterior, care se deplasa pe nişte picioare spinoase. În anul 1977, această fosilă a fost numită *Hallucigenia sparsa*. 14 ani mai târziu, descoperirea unor fosile similare în China a dus la constatarea că Hallucigenia fusese orientată greşit, cu susul în jos: era un membru al unei încrengături deja existente care umbla pe picioare tentaculare şi avea două rânduri de spini dorsali[266].

Majoritatea fosilelor constau de regulă în mici fragmente, iar în capitolul 17 am prezentat dificultăţile interpretării lor pentru a stabili evoluţia vieţii.

În capitolul 26, am examinat problema interpretării fosilelor şi altor dovezi pentru a explica unde, cum şi când au apărut primii oameni şi modul în care diferite interpretări produc linii evolutive diferite de la hominini la oameni.

Metoda

Reducţionismul - metoda prin care un fenomen este descompus în părţile sale constitutive pentru a înţelege din ce e alcătuit şi cum funcţionează - s-a dovedit un instrument extrem de folositor pentru înţelegerea tot mai aprofundată a fenomenelor naturale. Această perspectivă poate oferi o explicaţie completă a sistemelor relativ simple, izolabile, precum formarea structurilor cristaline într-o soluţie saturată de sare.

Totuşi, reducţionismul are o forţă explicativă limitată în cazul

sistemelor complexe, deschise, interactive şi emergente. I-am văzut limitele în capitolul 13, în care am definit viaţa[267], şi în mai multe alte cazuri în capitolul 26, în care am discutat apariţia omului dotat cu conştiinţă reflexivă din strămoşii săi preumani. Cei mai mulţi teoreticieni ai fizicii cuantice consideră că reducţionismul nu e potrivit pentru explicarea fenomenelor naturale.

Oamenii de ştiinţă care folosesc numai acest instrument analitic îşi limitează capacităţile explicative nereuşind să-l combine cu o abordare globală.

Teoria

Unele teorii considerate ştiinţifice implică infinitul. Modelul matematic Friedmann-Lemaître, pe care se bazează ideea Big Bangului, consideră că universul este infinit ca întindere. Aşa cum am subliniat în capitolul 6, infinitul este altceva decât un număr foarte mare[268]. Dacă o cantitate sau un număr care este infinit corespunde realităţii sau măcar realităţii percepute de fiinţele finite, precum noi înşine, este o întrebare metafizică, căreia ştiinţa nu poate să-i răspundă. Dacă teoriile de acest fel nu pot fi testate prin observaţie sistematică sau prin experiment, nu aparţin domeniului ştiinţei. Voi discuta câteva dintre ele puţin mai târziu în acest capitol.

Pg.654

Tot în capitolul 6 am văzut că fiecare din cele două teorii fundamentale ale fizicii actuale are o putere explicativă limitată. Teoria relativităţii nu poate explica fenomene care se petrec la scara unui atom sau mai mică decât atât, în timp ce teoria cuantică nu poate explica fenomene de amploarea masei stelare sau mai mari sau cu o viteză apropiată de viteza luminii.

Este rezonabil să presupunem că, aşa cum teoria relativităţii şi teoria cuantică s-au dezvoltat pe baza unor teorii mai vechi ale mecanicii clasice, dezvoltări ulterioare pot duce la formularea unei teorii mai profunde care să depăşească limitările teoriei relativităţii şi teoriei cuantice, precum şi limitele de măsurare şi observare ale acestor două teorii.

O altă teorie limitată în scopurile ei este principiul creşterii entropiei, care spune că într-un sistem închis sau izolat dezordinea fie rămâne constantă, fie, mai frecvent, creşte, în timp ce energia disponibilă descreşte[269]. Deşi acest principiu are susţinere empirică în cazul celor mai multe sisteme, el nu explică evoluţia universului, prin definiţie un sistem închis sau cel puţin izolat, care prezintă o creştere a complexităţii în timp[270].

În concluziile capitolului 10 am sugerat că o soluţie pentru această problemă ar putea fi identificarea unei noi forme de energie care este implicată în transformările de energie şi în variaţia corespunzătoare a

complexităţii.

În istoria ştiinţei au existat astfel de cazuri de neprevăzut care au schimbat radical felul în care înţelegem natura. Înainte de mijlocul secolului al XlX-lea nimeni nu prevăzuse că fenomenele electrice şi magnetice vor fi explicate prin existenţa unui câmp energetic universal (fizicienii teoreticieni consideră de obicei că gama câmpului electromagnetic reprezintă întregul univers). Înainte de 1932, existenţa unui câmp energetic răspunzător de legarea particulelor în nucleul atomic (forţa nucleară tare) era necunoscută. Înainte de 1956, existenţa unui câmp energetic răspunzător pentru un tip de dezintegrare radioactivă (forţa nucleară slabă) nu era nici ea cunoscută. Şi totuşi, interacţiunile electromagnetice nucleare tari şi slabe, împreună cu interacţiunea gravitaţională, constituie ceea ce ştiinţa recunoaşte în prezent drept cele patru interacţiuni fundamentale din natură271.

Energia parapsihică?

Un candidat pentru o nouă formă de energie este energia parapsihică. Aceasta poate fi definită în linii mari drept energia asociată minţii, care nu este reductibilă la formele cunoscute de energie.

Pg.655

Exemplele de pretinsă energie parapsihică din secolul al XlX-lea se împleteau cu credinţe superstiţioase precum spiritismul şi cu emoţii precum tristeţea; multe dintre ele erau doar amăgiri sau chiar înşelăciuni. În consecinţă, majoritatea oamenilor de ştiinţă au respins această idee, astfel că s-au făcut puţine cercetări în domeniu.

Printre domeniile mai recente de studiu privind energia parapsihică din Europa şi America se numără percepţia extrasenzorială, psihokinezia (manipularea obiectelor fizice prin puterea minţii), experienţele extracorporale şi experienţele de moarte clinică.

Cartea psihologului Raymond Moody *Life after Life*, publicată în 1975, a oferit primele relatări detaliate ale experienţelor din apropierea morţii (near death experience, NDE). În urma apariţiei cărţii au fost înfiinţate organizaţii precum International Association for Near-Death Studies, care a căutat, colectat, catalogat şi investigat astfel de relatări. Conform unui sondaj de opinie din 1992, aproximativ 8 milioane de americani au declarat că au avut NDE. Multe dintre acestea, precum vederea unor imagini din întreaga viaţă într-o clipă, sentimentul de seninătate, deplasarea printr-un tunel de lumină sau întâlnirea cu rude decedate sau cu o zeitate (Isus la creştini, Shiva sau un alt zeu la hinduşi etc.), au explicaţii fiziologice perfect plauzibile: anestezicele şi alte medicamente administrate unui

pacient, care pot produce halucinaţii şi deformări ale memoriei, influenţa excesului de dioxid de carbon şi a nivelului scăzut de oxigen asupra neuronilor, prin scăderea presiunii sangvine, închiderea graduală a unor regiuni ale creierului muribund şi o descărcare puternică, temporară, de unde cerebrale gama imediat după stopul cardiac, aşa cum s-a observat la şobolani.[1]

O categorie pare totuşi să sfideze astfel de explicaţii. Unii pacienţi care au fost resuscitaţi după ce au intrat în moarte clinică au relatat că şi-au părăsit corpul şi au observat eforturile de resuscitare de undeva din apropierea tavanului, făcând o descriere corectă a activităţilor şi discuţiilor dintre doctori.

Sam Parnia, acum medic specializat în îngrijirea stărilor critice şi director al centrului de cercetare a resuscitării de la Stony Brook University School of Medicine, New York, şi neuropsihiatrul britanic Peter Fenwick, specialist în NDE, au întreprins în 2008 un studiu menit să investigheze dacă mintea se poate separa de corp.

Studiul a fost ulterior modificat pentru a examina o gamă largă de experienţe mentale la un număr de 2.060 de pacienţi care au suferit un stop cardiac, în 15 spitale, iar rezultatele au fost publicate în ediţia din decembrie 2014 a revistei *Resuscitation*.[2] 140 din cei 330 de supravieţuitori au fost capabili să răspundă la întrebări. 39% dintre ei au descris o anumită conştientizare a situaţiei, dar fără să aibă amintiri explicite. În opinia lui Parnia, asta sugerează că o mare parte a oamenilor pot avea experienţe intense referitoare la moarte, dar nu-şi amintesc de ele, din cauza leziunilor cerebrale sau efectelor medicamentelor sedative asupra circuitelor memoriei.

Dintre cei 101 pacienţi care au participat la interviuri suplimentare, nouă dintre ei au raportat amintiri compatibile cu NDE, în timp ce doi şi-au amintit experienţe extracorporale, de exemplu că „au văzut“ şi „au auzit“ fapte asociate cu resuscitarea lor, deşi nu s-au putut exclude falsele amintiri şi confabulaţiile (completarea inconştientă a lacunelor de memorie cu elemente fabricate şi percepute drept adevărate). Unul dintre pacienţi a raportat amintirea unor stimuli acustici timp de 3 minute cât inima s-a oprit, amintire validată ulterior.

Cercetătorii au tras concluzia că rezultatele justifică efectuarea unor studii mai extinse, în timp ce scepticii le-au considerat în totalitate negative.

Dacă poate fi primită informaţie atunci când plămânii încetează ventilarea, când inima încetează să pompeze sânge către creier, iar creierul nu prezintă activitate neuronală, înseamnă că mintea nu este limitată de cele 1,5 kilograme de materie gelatinoasă care ocupă aproximativ 1.200 de centimetri cubi, anume creierul uman. Ar fi

nevoie de o nouă formă de energie şi pentru funcţionarea minţii.

Nu este locul aici să analizăm în profunzime problema legăturii dintre corp şi minte, care în lumea ştiinţifică este polarizată între o majoritate care crede în fizicalism sau materialism şi o minoritate care crede fie în idealism (în special teoreticienii fizicii cuantice), fie în dualism, care susţine că mintea şi corpul nu sunt unul şi acelaşi lucru. Suficient să spunem că creierul în sine nu poate să fie identic cu mintea; creierul izolat este o absurditate din punct de vedere biologic.

Toate studiile neuroştiinţifice testabile sistematic şi replicabile care pretind să demonstreze că mintea nu este altceva decât interacţiunea dintre neuroni spun de fapt că mintea imaterială controlează corpul material prin intermediul creierului. Folosind un exemplu menţionat în capitolul 29, dacă decizi să-ţi împuşti vecinul mintea hotărăşte acţiunile care sunt executate de corp conform semnalelor electrochimice generate de creier. Nu vei convinge pe nimeni dacă afirmi la tribunal că nu ai avut de ales, deoarece Francis Crick, Stephen Hawking şi alţi materialişti susţin că liberul-arbitru este o iluzie: toate acţiunile tale sunt determinate de gene şi de chimia creierului, o perspectivă numită determinism neurogenetic.

Studiile privind leziuni ale diferitelor regiuni ale creierului care afectează diverse funcţii mentale, precum memoria sau vederea, sunt invocate în susţinerea ideii materialiste că mintea nu este altceva decât creierul în acţiune, dar specialistul în neuroştiinţe Mario Beauregard, susţine, pe urmele multor dualişti, că „e ceva la fel de ilogic cum ar fi să asculţi muzică la radio, apoi să distrugi antena radioului şi să tragi concluzia că aparatul genera de fapt muzica“.[3]

Pg.657

Percepţia extrasenzorială (ESP) este presupusa abilitate ce permite dobândirea unor informaţii fără a folosi cele cinci simţuri. Include telepatia (informaţia provine de la o altă persoană), vederea la distanţă (informaţia vine de la un obiect sau un eveniment aflat la distanţă) şi precogniţia sau retrocogniţia (informaţia vine din viitor sau din trecut).

În principiu, nu există nici un motiv să susţinem că astfel de lucruri sunt imposibile. Înainte de mijlocul secolului al XlX-lea nimeni nu gândea că este posibil să transmiţi informaţii vizuale altfel decât material, de exemplu prin serviciul poştal. În decursul a o sută de ani, s-a ajuns la transmiterea de imagini în mişcare şi sunete la distanţe foarte mari, sub formă de unde de energie electromagnetică.

În 1975, în plin Război Rece, a fost iniţiat un proiect secret de 20 de milioane de dolari referitor la vederea la distanţă şi la psihokinezie, care a durat douăzeci de ani. A fost finanţat de serviciile secrete ale SUA şi de NASA şi condus de doi specialişti în fizica laserilor, Harold Puthoff şi Russell Targ, la Stanford Research Institute, California. Au

fost implicate zeci de persoane, nu numai pentru cercetare, ci şi pentru vederea operaţională la distanţă şi, conform unuia dintre participanţi, pentru întreruperea psihokinetică a electromagnetismului inamicului.

În 2002, Michael Persinger, specialist în neuroştiinţe, a publicat un studiu despre capacităţile de vedere la distanţă ale lui Ingo Swann, participant la proiectul Stargate, trăgând concluzia că aceste capacităţi au dat rezultate pozitive, care pot fi corelate cu procese neurofiziologice şi cu evenimente psihice; mai mult, vederea la distanţă poate fi îmbunătăţită prin aplicarea de câmpuri magnetice în creierul subiectului.[4]

În 2012, Targ a publicat o carte, *The Reality of ESP: A Physicist's Proof of Psychic Phenomena,* în care îşi documentează cercetarea ştiinţifică în acest domeniu de-a lungul mai multor decenii, inclusiv date declasificate din proiectul Stargate. Printre exemplele sale se numără cazul lui Pat Price, un fost comisar de poliţie care a desenat la scară, cu mare precizie, o fabrică sovietică de armament din Semipalatinsk, a cărei existenţă a fost confirmată mai târziu de fotografii din satelit, şi cel al grupului său, care în 1982 a câştigat 120.000 de dolari prezicând timp de nouă săptămâni la rând oscilaţiile de pe piaţa de tranzacţii de mărfuri la termen.

Targ crede că astfel de fenomene paranormale pot fi parţial explicate prin conceptele de non-localizare şi de corelare cuantică din mecanica cuantică şi că sunt legate de străvechea intuiţie mistică conform căreia Sinele conştiinţei pure este acelaşi lucru cu realitatea fundamentală a Conştiinţei Cosmice272 Deşi puţini oameni posedă în mod natural capacităţi parapsihice puternice, Targ consideră că percepţia extrasenzorială poate fi învăţată.[5]

Pg.658

În cartea sa din 1997 *The Noetic Universe: The Scientific Evidence for Psychic Phenomena*[6] (publicată în SUA sub titlul *The Conscious Universe*), Dean Radin, cercetător principal la Institute of Noetic Sciences, dă alte exemple, aşa cum o face şi în cartea sa din 2006 *Entangled Minds*[7], în care împărtăşeşte credinţa lui Targ potrivit căreia corelarea cuantică poate explica fenomenele paranormale. Radin susţine că cele mai multe dintre comunităţile ştiinţifice de astăzi refuză să accepte dovezile solide ale energiei parapsihice, din cauza erorii confirmării, un termen psihologic care se referă la faptul că dovezile care susţin convingeri preexistente sunt percepute ca plauzibile, în timp ce dovezile care contrazic convingerile preexistente sunt percepute ca neplauzibile şi din această cauză sunt considerate greşite sau falsificate.

Într-adevăr, cei mai mulţi oameni de ştiinţă resping existenţa energiei parapsihice ca fenomen. Totuşi, hipnotismul este o

comunicare intenţională de la o minte la alta, mediată prin comunicarea verbală între emiţător şi receptor. Îi induce receptorului o relaxare fizică profundă şi o stare de conştiinţă modificată, corelată cu modificări în funcţionarea creierului. În această stare modificată, mintea receptorului răspunde la sugestii ale emiţătorului, care produc modificări mentale, precum eliberarea de anxietate, şi modificări fizice, precum eliberarea de durere. Numeroase experimente ştiinţifice au confirmat efectele sale[8], iar începând din anii ’90 hipnoterapia a fost adoptată de medicina ortodoxă în ţările dezvoltate ştiinţific ca un tratament eficient al anumitor afecţiuni.[9]

Mai mult, în 2014 fizicianul teoretician Giulio Ruffini şi o echipă multidisciplinară internaţională au demonstrat transmiterea informaţiei direct de la un creier la altul, la mare distanţă, fără folosirea simţurilor.

Echipa a dezvoltat tehnici recente de realizare a unor interfeţe creier- computer prin care mai mulţi electrozi ataşaţi pe scalp înregistrează curenţii electrici atunci când subiectul are un anumit gând, de exemplu doreşte să mişte un braţ robotic sau să controleze o dronă. În acest caz, ţinta era un alt om. Gândurile emiţătorului au fost traduse într-un cod binar prin intermediul unei electroencefalograme conectate la internet şi au fost primite de doi receptori la o distanţă de 8.000 de kilometri; cei trei purtau căşti de stimulare magnetică transcraniană robotizată care le stimulau direct cortexul vizual. Subiecţii receptori, legaţi la ochi, au raportat în mod corect flashuri luminoase în vederea periferică, care corespundeau mesajului.

Deoarece transmisia necesită activitate mentală intenţională a emiţătorului şi receptorului, Ruffini o consideră un stadiu timpuriu al telepatiei mediate tehnologic şi conchide că într-un viitor nu foarte îndepărtat va deveni o metodă larg răspândită de comunicare interumană de la minte la minte mediată tehnologic.[10]

Pg.659

Unii susţinători şi practicanţi ai diverselor tipuri de energie parapsihică se feresc totuşi de metoda ştiinţifică, pe care o consideră neadecvată, deoarece experienţa subiectivă, nu testarea obiectivă constituie esenţa ei.

Mulţi practicanţi ai energiei parapsihice din secolul al XlX-lea au căzut în plasa superstiţiilor şi, drept consecinţă, ştiinţa le-a respins ulterior afirmaţiile; dar acelaşi lucru s-a întâmplat cu primii practicanţi ai celor mai multe discipline ştiinţifice, precum chimia. Nu este mai justificat să respingi posibilitatea existenţei unei energii parapsihice decât să respingi posibilitatea existenţei unei noi teorii testabile capabilă să înlocuiască teoria cuantică sau teoria relativităţii, deoarece astfel de încercări din ultimii treizeci de ani au eşuat, în ciuda investiţiilor mult mai mari decât cele alocate investigării

energiei parapsihice.

Mai mult, majoritatea cosmologilor se mulţumesc să presupună existenţa unei misterioase energii întunecate care reprezintă mai mult de două treimi din univers, în timp ce alte interpretări ale unui fenomen, alte ipoteze şi alte modele cosmologice contrazic existenţa ei[273].

În viitor ar putea fi descoperite şi validate noi forme de energie, aşa cum s-au descoperit şi în trecut. Este rezonabil să presupunem că un candidat pentru o nouă formă de energie ar putea fi o energie asociată cu dezvoltarea conştiinţei reflexive, constatată empiric, şi cu complexificarea corespunzătoare, adică o energie mentală sau psihică neobişnuită.

Ştiinţa deficitară

Puterea explicativă a ştiinţei este limitată atunci când afirmaţiile pretins ştiinţifice contrazic un principiu de bază al ştiinţei sau metodele sale. Graniţa dintre ştiinţă şi ştiinţa defectuoasă este adesea greu de trasat. Am sugerat mai sus că obiectivitatea în alegerea supoziţiilor şi în selectarea şi interpretarea datelor este un ideal de neatins. Când subiectivitatea este redusă, avem de-a face cu ştiinţa de bună calitate, când este crescută, şi mai ales atunci când este deliberată, avem de-a face cu ştiinţa deficitară. În această investigaţie am mai întâlnit alte câteva tipuri de ştiinţă defectuoasă.

Folosirea neadecvată a modelelor

Un model matematic sau computerizat poate fi extrem de util în construirea şi rafinarea unei ipoteze care este apoi testată empiric. Însă confuzia dintre model şi realitate are drept rezultat o ştiinţă deficitară.

Mai mult, presupunerea că o dovadă matematică constituie o dovadă ştiinţifică, atunci când nu se cunoaşte o metodă prin care modelul poate fi testat empiric, este un exemplu de ştiinţă deficitară[274]. Aşa se întâmplă, de exemplu, cu diferitele „teorii“ ale corzilor şi cu teoria M[275] sau cu afirmaţia că modelul gravitaţiei cuantice cu bucle a stabilit existenţa unui univers anterior cu proprietăţi specifice, care a intrat în colaps[276].

Pg.660

A introduce un parametru arbitrar sau un câmp scalar într-un model matematic şi a-i modifica valoarea pentru a obţine rezultatul dorit sau pentru a valida o teorie ţin tot de ştiinţa deficitară. Modelul este lipsit de funcţia predictivă.

Aşa cum am menţionat în capitolul 3, Einstein a introdus în ecuaţiile de câmp ale relativităţii generale constanta cosmologică lambda (Λ) şi i-a atribuit o valoare calculată în aşa fel încât să

producă un univers static. Apoi, şi el, şi alţi fizicieni au scos lambda din ecuaţii, după ce au acceptat datele ob- servaţionale care arătau că universul se află în expansiune. Când au apărut probleme majore cu modelul de bază al Big Bangului, teoreticienii inflaţiei au reintrodus constanta lambda, dar cu o valoare mult mai mare decât cea din ecuaţiile lui Einstein şi numai pentru o perioadă extrem de scurtă, pentru a produce densitatea de masă critică a unui univers care a ajuns la o expansiune extrem de mare, dar intră apoi într-o expansiune decelerată stabilă. Pentru a obţine concordanţa cu interpretarea pe care au dat-o radiaţiei emise de supernovele de tip 1a, cosmologii au dat mai târziu o altă valoare constantei lambda, arbitrară şi foarte diferită, arătând că de fapt expansiunea universului s-a accelerat după două treimi din existenţa sa; în acest caz, s-a spus că lambda reprezintă o energie necunoscută, pentru care nu există alte dovezi empirice, numită energie întunecată[277]. Hoyle şi colegii lui au dat o a patra valoare constantei lambda pentru a produce un univers care se extinde constant prin cicluri de expansiune şi contracţie de 50 de miliarde de ani[278].

În anii ’70, pentru a explica comportamentele animale şi umane care contraziceau modelul neodarwinist, sociobiologii au adoptat modele de joc foarte simpliste utilizate în economie, care nu aveau nici o legătură cu realitatea biologică. Alegând arbitrar regulile jocului, parametrii şi valorile acestor parametri, au produs rezultatele pe care le-au dorit[279]. Un joc economic diferit, cu un set diferit de alegeri, a produs rezultatul opus[280].

Afirmaţii care depăşesc dovezile sau le contrazic

Pg.661

Încrederea în supoziţii mai mult decât în evaluarea obiectivă a dovezilor produce afirmaţii exagerate. De exemplu, afirmaţia că sonda Wilkinson Microwave Anistropy le-a dat cercetătorilor posibilitatea să discearnă între diferitele explicaţii a ceea ce s-a întâmplat în prima bilionime de secundă din existenţa universului se bazează pe o serie de supoziţii nefondate empiric[281].

Teoria paleontologică ortodoxă care spune că în ultimii 500 de milioane de ani au avut loc cinci evenimente majore de extincţie în masă, împreună cu estimările privind procentajul speciilor dispărute în perioade scurte din punct de vedere geologic, depăşeşte cu mult dovezile fosile, ca să nu mai vorbim de incertitudinile care marcau la vremea aceea definirea speciilor[282].

Bazându-se pe supoziţia neodarwinistă referitoare la mecanismele evoluţiei morfologice, cei mai mulţi biologi susţin că probele fosile mai complete ar evidenţia modificări graduale. Totuşi, această afirmaţie contrazice dovezile analizate de paleontologi, ce indică o

stază morfologică cu modificări minore şi adesea oscilante, punctate de apariţia geologică bruscă a unor noi specii, care apoi rămân în esenţă neschimbate până când dispar din registrul fosil sau se păstrează până în prezent, ca „fosile vii“[283].

Spre deosebire de întemeietorii neodarwinismului, majoritatea neodarwiniştilor de astăzi neagă faptul că evoluţia biologică ar prezenta un tipar de complexificare progresivă, în ciuda dovezilor copleşitoare, deoarece aceasta ar contrazice fie cauza evoluţiei biologice pe care o susţin ei, fie teoria conform căreia toate speciile sunt egale[284].

Selecţia părtinitoare a datelor

Atunci când datele sunt selectate în mod părtinitor, pentru a susţine o teorie sau o ipoteză anume, avem de-a face cu ştiinţa deficitară.

În capitolul 6 am văzut că unul dintre cei mai importanţi autori ai teoriei corzilor, atunci când a încercat să explice de ce universul are forma pe care o are astăzi, nu a luat în discuţie şi datele nefavorabile teoriei sale[285].

În disputa cu privire la natura urmelor minuscule de carbon găsite în roci străvechi, considerate fie cele mai vechi urme fosile ale vieţii pe Pământ, fie depozite anorganice, unul dintre oponenţi a fost acuzat de o fostă studentă de-a sa că nu a ţinut seama de criticile ei în legătură cu selectarea dovezilor[286].

Pg.662

Grupul care a revizuit cercetările din ultimii 20 de ani privind cauzele extincţiei în masă a speciilor, despre care se crede că a avut loc în urmă cu 65 de milioane de ani (extincţia cretacic-terţiar), susţinea explicaţia ortodoxă a căderii unui asteroid de dimensiuni mari în peninsula Yucatan din Mexic. Totuşi, unii cercetători i-au acuzat pe membrii grupului că au interpretat greşit descoperirile, în timp ce alţii i-au acuzat că au neglijat o mare parte dintre dovezile care nu erau în concordanţă cu concluziile lor[287].

Metodologia deficitară

Experimentele lui Bernard Kettlewell din anii ’50 şi ’60, menite să demonstreze selecţia naturală prin schimbarea culorii moliei de mesteacăn în mediul industrial conţineau numeroase deficienţe care i-au subminat concluzia. Deşi aceste deficienţe au fost descoperite în 1998, cercetările sale sunt încă larg folosite drept dovezi ale neodarwmismului[288].

O lucrare de referinţă din 1987 a folosit ADN-ul mitocondrial pentru a reconstitui genealogia omului dintr-o femeie care a trăit în urmă cu 200.000 de ani în Africa, botezată Eva mitocondrială.

Metodologia a fost mai târziu contestată din diverse motive, printre care selectarea probelor şi programul informatic folosit. Totuşi, concluziile acestei lucrări sunt citate în continuare[289].

Perpetuarea teoriilor deficitare

Perpetuarea unei teorii contrazise de dovezile empirice contravine unui principiu de bază al metodologiei ştiinţifice. Ea se bazează, de obicei, pe alegerea supoziţiilor şi este susţinută apoi printr-o selecţie şi interpretare a datelor care se îndepărtează semnificativ de obiectivitate doar pentru a justifica teoria. Am văzut în capitolul 12 că teoria geologică ortodoxă, care explică aspectul suprafeţei Pământului prin încreţirea scoarţei terestre, a rămas în vigoare mai mult de cincizeci de ani, în ciuda numărului tot mai mare de dovezi care susţineau teoria derivei continentelor (ulterior dezvoltată sub forma teoriei plăcilor tectonice)[290].

În ultimii circa treizeci de ani, explicaţia ortodoxă pentru apariţia primelor forme de viaţă independente pe Pământ susţine că energia provenind de la Soare şi probabil de la alte surse a provocat reacţii aleatorii în supa apoasă de molecule conţinând cel mult 13 atomi, care au condus în timp la selecţia de molecule autoreplicabile de ARN. Cu toate acestea, nu numai că experimentele făcute pentru a demonstra această idee au eşuat, cel mai probabil din raţiuni de ordin chimic, după cum susţin mai mulţi cercetători, dar probabilitatea ca astfel de reacţii aleatorii să producă molecule de asemenea dimensiuni şi complexitate este aproape nulă[291].

Teoria ortodoxă privind evoluţia biologică de la jumătatea secolului XX susţine validitatea selecţiei naturale graduale, pe care o încorporează într-un model matematic al geneticii populaţiilor. Totuşi, în capitolele 17-23 am prezentat numeroase dovezi empirice care contrazic acest model neodarwinist, provenind din registrul fosil şi din studierea unei game mult mai largi de specii din natură decât musculiţa de oţet şi nematodele de laborator. Cu toate acestea, unul dintre principalii săi susţinători afirma în 2006 că neodarwinismul nu mai este doar o teorie, ci un fapt stabilit[292]. Într-adevăr, marea majoritate a biologilor de astăzi echivalează fenomenul evoluţiei biologice (care se bazează pe dovezi convingătoare) cu modelul matematic neodarwinist şi au tendinţa să trateze orice îndoială cu privire la neodarwinism drept un atac la realitatea evoluţiei biologice[293].

Aceste exemple şi altele asemănătoare demonstrează că adesea teoriile iau forma rigidă a dogmelor, care sunt antiteza ştiinţei şi îi limitează progresul. Un exemplu pentru mentalitatea gregară care se naşte din dogme sunt cei 155 de biologi care au afirmat în articole din

revista Nature că fondatorul sociobiologiei nu-şi înţelege propriile teorii, după ce acesta a avut luciditatea şi curajul de a publica un articol în care recunoaşte că după patruzeci de ani respectivele teorii nu au adus progrese semnificative în explicarea comportamentului animal şi uman[294].

Suprimarea teoriilor alternative

Progresul ştiinţific este limitat şi mai mult atunci când susţinătorii unei teorii care s-a transformat în dogmă împiedică sau chiar blochează încercările altora de a dezvolta sau de a publica teorii alternative.

În acelaşi an în care Nature a publicat dovezile acumulate timp de peste 50 de ani care demonstrau că teoria derivei continentelor explică fenomenele geologice mult mai bine decât teoria ortodoxă a încreţirii scoarţei terestre, Journal of Geophysical Research a respins un articol similar al unui alt cercetător pe motiv că „nu este genul de studiu ce poate fi publicat sub auspicii ştiinţifice serioase“.[295]

În capitolul 5 am vorbit despre nemulţumirile legate de faptul că dominaţia adepţilor teoriei corzilor în comitetele care decid numirile academice şi granturile în domeniul fizicii teoretice în SUA face foarte dificilă obţinerea de finanţări pentru abordări alternative, deşi timp de treizeci de ani conjecturile corzilor nu s-au bucurat de succes, iar unii dintre autorii lor se implică în practici dubioase pentru a suprima opiniile concurente[296].

În capitolul 3 am văzut cum Fred Hoyle, susţinător constant al teoriei stării de echilibru, a fost ostracizat de colegii săi, ceea ce l-a determinat să ia decizia aproape fără precedent de a demisiona din funcţia de profesor la Cambridge[297]. Mai mulţi astronomi de prestigiu au protestat împotriva faptului că diverse reviste academice au refuzat să publice interpretări ale datelor astronomice care contraziceau perspectiva ortodoxă, propusă, susţineau ei, de matematicieni teoreticieni, nu de astronomi. Mai mult, ei afirmă că au existat numeroase încercări reuşite de a fi împiedicaţi să primească invitaţii la conferinţe[298] şi că le este refuzat accesul la telescoape pentru testarea ipotezelor lor[299].

Capitolul 23 arată că nici cei care oferă alternative la modelul ortodox actual al evoluţiei biologice nu o duc mai bine. De exemplu, Lynn Margulis, autoarea teoriei simbiogenezei, a întâmpinat mari dificultăţi în a-şi publica rezultatele şi chiar şi după ce neodarwiniştii au acceptat, mai târziu, că explicaţia ei privind evoluţia mitocondriilor şi cloroplastelor în celulele eucariote este corectă şi susţinută de dovezi genetice, principalele reviste de ştiinţă şi de biologie i-au refuzat în continuare articolele. Un neodarwinist de frunte a afirmat în

2011 pe site-ul său că a fost o nebunie din partea lui Margulis să-şi profereze alternativa la modelul neodarwinist[300].

Osificarea în timp a celei mai bune teorii disponibile la un moment dat şi transformarea ei în dogmă conduce la un răspuns defensiv în faţa oricărei încercări de a fi pusă în discuţie, caracteristic celor mai multe convingeri instituţionalizate, iar ştiinţa a devenit inevitabil instituţionalizată prin intermediul societăţilor sale de specialişti şi departamentelor din universităţi, care-i pregătesc pe viitorii cercetători. Aproape toate instituţiile umane, precum partidele politice, guvernul sau religiile, răspund asemănător atunci când sunt provocate din interior sau din exterior, astfel încât rezistenţa la schimbare a cercetătorilor şi profesorilor care susţin perspectiva ştiinţifică ortodoxă nu este surprinzătoare. Totuşi, este de datoria membrilor unei instituţii ştiinţifice să nu uite că ceea ce deosebeşte ştiinţa de partidele politice, de guverne sau de religii este angajamentul său de a folosi testarea empirică cât mai obiectiv posibil şi de a modifica sau a respinge o teorie atunci când noile date o contrazic.

Frauda

Pg.665

În marea majoritate a cazurilor, lipsa de obiectivitate a oamenilor de ştiinţă în alegerea supoziţiilor, în selectarea şi în interpretarea datelor, perpetuarea teoriilor eronate şi chiar suprimarea teoriilor alternative este motivată de raţiuni oneste, deşi adesea greşite. Totuşi, în această investigaţie am prezentat şi cazuri de fraudă. Falsificarea fosilei omului de Piltdown nu a fost descoperită timp de patruzeci de ani, iar Reiner Protsch a falsificat sistematic datarea fosilelor sale timp de treizeci de ani[301]. În 2010, Universitatea Harvard l-a declarat pe Marc Hauser vinovat de falsificarea datelor din mai multe experimente privind comportamentul animal[302].

Totuşi, acestea nu sunt doar exemple izolate de „uscături“, cum sunt adesea prezentate în media. În 2009, Daniele Fanelli, de la Institutul de Studii ale Ştiinţei, Tehnologiei şi Inovaţiei al Universităţii din Edinburgh, a întreprins primul bilanţ sistematic şi prima meta-analiză a datelor unui sondaj referitor la relele practici ştiinţifice. A descoperit că aproape 2% dintre cercetători recunosc că au fabricat, au falsificat ori au modificat datele sau rezultatele cel puţin o dată - rele practici grave, după orice standard -, iar o treime dintre ei au recunoscut alte practici ştiinţifice discutabile. Când au fost întrebaţi despre colegii lor, 14% au spus că, după părerea lor, unii dintre cercetători falsifică datele, iar 72% au spus că probabil aceştia sunt implicaţi în alte practici de cercetare discutabile. Fanelii a conchis: „Având în vedere că aceste sondaje pun întrebări sensibile şi au şi alte

limitări, pare probabil ca rezultatele să fie o estimare conservatoare a prevalenţei reale a relelor practici ştiinţifice."[11]

Toate aceste observaţii nu au ca scop să discrediteze ştiinţa, care a revoluţionat şi a lărgit foarte mult cunoştinţele noastre despre fenomenele naturale, ci să ne ajute să recunoaştem limitările din domeniul ştiinţei în ce priveşte apariţia şi evoluţia omului de la originile universului.

LIMITĂRILE DOMENIULUI ŞTIINŢEI

Mulţi oameni de ştiinţă şi majoritatea adepţilor empirismului, pozitivismului, naturalismului, fizicalismului, materialismului sau materialismului eliminativ cred că nu există limitări ale domeniului ştiinţei.

Principalele argumente ale acestei convingeri sunt următoarele:

1. Nimic nu există în afară de lucrurile fizice şi de interacţiunile dintre ele.
2. Ştiinţa este studiul empiric al lucrurilor fizice şi al interacţiunilor dintre ele.
3. Ca atare, nu există limitări ale domeniului ştiinţei.

Ca un corolar,

4. Dacă ştiinţa nu poate explica un fenomen acum, cel mai probabil o va face în viitor, atunci când vor fi disponibile date noi sau mai bune.

Validitatea concluziilor depinde de validitatea celor doua premise ale sale. Prima este evident invalidă, deoarece premisa în sine nu este un lucru fizic sau o interacţiune între lucruri fizice. Altfel spus, convingerea că nu există limitări ale domeniului ştiinţei nu poate fi testată prin observaţie sistematică sau prin experimente repetabile, astfel încât este o convingere falsă.

Ştiinţa şi-a limitat domeniul la nivelul empiric pentru a-şi diferenţia metoda de investigaţie de cea a religiei, care caută răspunsuri considerate revelaţii de la Dumnezeu sau de la un zeu, şi de cea a filozofiei, care caută răspunsuri prin intuiţie şi raţionament. Voi arăta că există lucruri din afara domeniului limitat al ştiinţei pe care trebuie să le cunoaştem pentru a înţelege ce suntem şi de unde venim. Printre acestea se numără experienţele subiective, conceptele şi valorile sociale, conjecturile netestabile şi unele probleme metafizice.

Experienţele subiective

Ca indivizi, suntem mai mult decât suma celulelor, moleculelor, atomilor şi interacţiunilor dintre ele. Suntem modelaţi în mare măsură

de ceea ce vedem, auzim, simţim, ne amintim, gândim şi aşa mai departe. Astfel de experienţe subiective, numite *qualia*, nu pot fi observate obiectiv sau experimentate prin nici o metodă ştiinţifică. Am vorbit despre ele în capitolul 29, unde citam exemplul dat de specialiştii în neuroştiinţe V.S. Ramachandran şi Colin Blakemore: un specialist în neuroştiinţe care, deşi s-a născut cu daltonism, ar putea să monitorizeze toate procesele fizico-chimice care apar atunci când un subiect se uită la un trandafir roşu, dar nu va fi niciodată capabil să experimenteze calitatea culorii roşii percepute de subiect.

Adepţii reducţionismului susţin totuşi că pot face teste de vedere obiective. În 2012, o echipă de la Universitatea din California, Berkeley, a folosit imagistica prin rezonanţă magnetică funcţională (fMRI) pentru a monitoriza activitatea neuronală a circa 30.000 de regiuni din cortexul cerebral a cinci bărbaţi adulţi, în timp ce aceştia au urmărit timp de două ore clipuri video conţinând 1.705 categorii de obiecte şi acţiuni precum animale, clădiri şi vehicule. Ei au descoperit că cei cinci bărbaţi prezintă hărţi cerebrale asemănătoare, cu regiuni active care se intersectau, corespunzătoare fiecărei categorii.[12] Totuşi, nu putem şti exact ce animale, clădiri sau vehicule văd subiecţii atunci când sunt active respectivele regiuni decât dacă cercetătorul urmăreşte acelaşi clip video (precum în acest experiment) sau subiecţii îi spun chiar ei cercetătorului ce văd.

Pg.667

Un alt exemplu: dacă în viitor un specialist în neuroştiinţe va fi capabil să monitorizeze activitatea fiecărui neuron din creierul unui subiect în timp ce acesta visează, el nu va putea totuşi să ştie sau să prezică ce visează exact subiectul şi nici să împărtăşească experienţa subiectului în cursul acelui vis.

În mod asemănător, ascultarea simfoniei Jupiter a lui Mozart nu se reduce la undele sonore care fac să vibreze timpanul şi care se transmit astfel prin căile fizico-chimice pentru a activa neuronii. Experienţa ascultării implică o mulţime de lucruri, precum senzaţia de plăcere, comparaţii cu interpretări ale altor orchestre, anticiparea următoarelor măsuri muzicale, amintiri din momentul în care ai ascultat ultima dată aceeaşi simfonie etc. Astfel de experienţe nu pot fi măsurate sau observate sistematic de observatori independenţi şi nu pot fi repetate. Toate aceste răspunsuri se combină oferindu-ţi o experienţă subiectivă, globală, unică.

Am conchis că unica trăsătură caracteristică numai speciei umane este gândirea reflexivă. În 2010, specialiştii în neuroştiinţe de la University College London au corelat capacitatea introspectivă cu structura unei mici regiuni din cortexul prefrontal. Totuşi, nu au găsit şi relaţia cauzală: această regiune s-a dezvoltat pe măsură ce am dobândit o tot mai bună capacitate de a reflecta asupra gândurilor

noastre, sau oamenii au o mai bună capacitate introspectivă tocmai deoarece cortexul prefrontal este mai dezvoltat?[13] Şi mai important, testul obiectiv nu a arătat care erau exact acele reflecţii introspective.

Cu toate că neuroştiinţa reuşeşte cu mare succes să evidenţieze corelativele fizice ale multor lucruri nonfizice, este o greşeală fundamentală să facem confuzia între corelativele fizice ale experienţei subiective şi experienţa subiectivă în sine.

Unele experienţe subiective, precum faptul de a te simţi inspirat de un profesor, a te îndrăgosti, a asista la o naştere sau la un deces ori a realiza un obiectiv important, îţi pot determina hotărâtor individualitatea.

Conceptele şi valorile sociale

Noi, oamenii, nu suntem numai nişte indivizi; orice om este în acelaşi timp membru al mai multor societăţi. Conştiinţa reflexivă îi conferă omului capacitatea de a gândi şi a raţiona, iar unei societăţi umane, capacitatea de a dezvolta concepte şi valori sociale. Pentru a da numai un exemplu, o societate umană poate să dezvolte conceptul de război drept. Politologii şi sociologii pot studia sistematic felul în care se materializează conceptul (de exemplu declaraţia de război a Angliei împotriva Germaniei din 1945), dar conceptul în sine şi valorile etnice asociate cu el ţin de domeniul filozofiei, nu de cel al ştiinţei.

Ideile netestabile

După cum am văzut în capitolele 4-7, nici actuala explicaţie ştiinţifică ortodoxă a universului, Big Bangul fierbinte, nici conjecturile alternative nu oferă o explicaţie testabilă empiric cu privire la originea universului, şi implicit cu privire la originea materiei şi energiei din care suntem alcătuiţi. Este aproape sigur că ştiinţa nu are capacitatea de a oferi această explicaţie.

Unele explicaţii ale evoluţiei noastre considerate ştiinţifice implică existenţa altor universuri, cu care nu avem nici un fel de contact, de exemplu diversele conjecturi ale multiversului examinate în capitolul 7[303]. Dacă nu avem contact cu ceva, nu putem să-l testăm sistematic prin observaţie şi prin experimente repetabile. Astfel de conjecturi pot fi plauzibile şi, după câte ştim, e posibil ca una dintre ele să fie chiar adevărată. Totuşi, ele se află în afara domeniului ştiinţei aşa cum o înţelegem astăzi.

Probleme metafizice

Ştiinţele naturale explică şi prezic multe fenomene naturale

aplicând legile fizice şi chimice care determină interacţiunile dintre lucrurile fizice. Dar ştiinţa nu poate explica esenţa acestor legi. Aşa cum spunea matematicianul şi cosmologul George Ellis, a numi o anumită interacţiune „forţă gravitaţională" ne ajută să prezicem ce se va întâmpla, dar nu ne spune şi cum reuşeşte materia să exercite o forţă de atracţie asupra materiei aflate la mare distanţă; şi a o reboteza „efectul câmpului gravitaţional" nu schimbă cu nimic această situaţie.[14]

E important să înţelegem că ştiinţa nu ne poate spune ce anume a făcut ca aceste legi să existe. Newton credea că au fost create de Dumnezeu, în timp ce Einstein credea că au avut drept cauză o putere inteligentă transcendentă.

O ALTA POSIBILA LIMITARE

În sfârşit, poate că avem de-a face cu o limitare nu atât a ştiinţei în sine, cât a minţii umane. Există oare o realitate pe care oamenii nu o pot înţelege, aşa cum rocile nu pot înţelege că Soarele asigură lumina şi căldura, iar cimpanzeii nu pot înţelege găurile negre?

CAPITOLUL 33
Reflecţii si concluzii asupra evoluţiei omului ca proces cosmic

> Toate aspectele realităţii sunt supuse evoluţiei, de la atomi si stele până la pești și flori, de la pești și flori până la societăţi umane și valori - de fapt [...] întreaga realitate este un singur proces de evoluţie.
>
> Julian Huxley, 1964

REFLECŢII

Am început această investigaţie cu mintea deschisă, în dorinţa de a afla ce ne poate spune ştiinţa despre ce suntem noi, oamenii, cum am evoluat, nu numai de la cele mai simple forme de viaţă de pe Pământ, dar şi de la originile materiei şi energiei. Cu cât am aflat mai multe lucruri, cu atât am realizat cât de multe lucruri nu cunoaştem. Refuzul de a recunoaşte cât de neştiutori suntem este probabil de înţeles în cazul oamenilor de ştiinţă interesaţi doar de cele mai noi descoperiri din domeniul lor de specializare restrâns. Dar este poate mai greu de înţeles în cazul celor care, susţinând o anumită teorie, au transformat-o într-o convingere de nezdruncinat.

În capitolul 32 am prezentat pe de o parte limitările cunoaşterii noastre din interiorul domeniului ştiinţei şi pe de altă parte limitările

domeniului ştiinţei. Ştiinţa face deosebire între explicaţia ştiinţifică şi celelalte tipuri de explicaţii încercând să înţeleagă şi să descrie fenomenele naturale prin observaţii şi experimente sistematice şi de preferat măsurabile, pentru ca, pe baza acestor date, să formuleze legi utile pentru predicţii şi retrodicţii.

Actuala explicaţie ortodoxă a cosmologiei cu privire la originea materiei şi energiei din care suntem alcătuiţi nu se încadrează în domeniul ştiinţei.

Modelul de bază al Big Bangului este contrazis de dovezi observaţionale. Cele două modificări majore aduse acestui model pentru rezolvarea respectivelor contradicţii au avut ca rezultat modelul inflaţionar cu fluctuaţii cuantice al Big Bangului fierbinte, dar supoziţia pe care se bazează aceste modificări - anume că universul pe care-l observăm este doar o foarte mică parte din întregul univers, despre care nu putem obţine informaţii - nu este testabilă. Mai mult, aceste modificări produc un model lipsit de coerenţă logică internă, dacă se afirmă că Big Bangul este începutul a tot ce există, sau un model care contrazice acest principiu de bază, dacă înainte de presupusul Big Bang ar fi existat un vid cuantic şi un câmp de inflaţie.

Pg.670

Mai mult, pentru reconcilierea acestui model modificat cu interpretarea ortodoxă curentă a datelor observaţionale sunt invocate misterioasa „materie întunecată" care constituie 27% din universul observabil, şi o „energie întunecată" antigravitaţională, încă şi mai misterioasă, care constituie 68% din universul observabil. Acest model are probleme conceptuale serioase, la care se adaugă şi faptul că nu putem considera că oferă o explicaţie convingătoare despre crearea materiei şi energiei din nimic.

Alte ipoteze menite să modifice şi mai mult sau să înlocuiască modelul ortodox sunt fie netestate, fie netestabile prin vreo metodă cunoscută. O disciplină empirică precum ştiinţa nu poate răspunde la întrebarea dacă universul este etern sau nu.

Având în vedere datele empirice, putem presupune în mod rezonabil că am evoluat din energia primordială în forme de viaţă pe bază de carbon, mobile, cu comportament sofisticat şi dotate cu cel mai complex lucru din universul cunoscut: creierul uman. Totuşi, această evoluţie a fost posibilă numai datorită faptului că interacţiunile practic nelimitate ale materiei şi energiei au fost constrânse de o serie de legi fizice şi chimice şi de reglajul fin a şase parametri cosmologici, două constante fără dimensiuni şi trei parametri ai nucleosintezei. Mai mult, această evoluţie a necesitat o planetă cu un interval de variaţie a masei limitat, unde se găsesc toate substanţele chimice necesare şi care ocupă un loc bine delimitat într-o galaxie şi un loc bine delimitat într-un sistem solar unde a primit exact

tipul adecvat de energie, în cantitate suficientă, timp de câteva miliarde de ani, fiind protejată de radiaţiile de energie fatale şi de ciocniri cu comete şi alte fragmente din spaţiu.

Ştiinţa, o disciplină empirică, nu poate explica ce anume a cauzat existenţa acestor legi fizice şi chimice, de ce aceşti parametri au valorile critice respective şi de ce a existat pe planeta Pământ un concurs de factori extrem de improbabili şi neobişnuiţi, care, conjugaţi, au produs condiţiile necesare evoluţiei noastre. (Conjecturile multiversului sunt doar speculaţii netestabile, iar cele mai multe se bazează pe o logică discutabilă[304]) Iar fără aceste cunoştinţe lanţul cauzal care a dus la apariţia şi evoluţia oamenilor este incomplet.

Deşi ne poate oferi informaţii despre corelativele fizice ale diferitelor noastre experienţe subiective, ştiinţa nu ne poate spune nimic despre esenţa acestor experienţe. Ele se combină global pentru a ne oferi fiecăruia dintre noi un simţ unic care modelează în mare măsură ceea ce suntem la nivel individual. De asemenea, ştiinţa nu ne poate spune nimic despre esenţa unor concepte precum valorile cu ajutorul cărora oamenii se integrează într-o societate.

Pg.671

În cadrul domeniului ştiinţei există, în mare, două tipuri de limitări: permanente şi temporare. Cele din urmă vor fi depăşite pe măsură ce ştiinţa va progresa, furnizând noi date şi noi teorii. Dar unele limitări, precum pierderea ireparabilă a unor date, sunt permanente.

Cu toate acestea, în prezent ştiinţa ne oferă deja informaţii fundamentale despre ce suntem şi de unde venim. Mai mult decât atât, dovezile prezintă un tipar general.

CONCLUZII

Constatările din primele trei părţi ne conduc la următoarele concluzii:

1. Este aproape sigur că ştiinţa, o disciplină empirică, nu va fi niciodată capabilă să explice originea materiei şi energiei din care suntem alcătuiţi.
2. Materia-energie primordială conţinea probabil o plasmă densă cu o energie foarte mare, care a pierdut energie (adică s-a răcit) pe măsură ce s-a extins şi materia s-a condensat. Astfel, materia a devenit tot mai complexă. La scara universului observabil, plasma haotică s-a răcit şi a format o ierarhie de structuri aflate în rotaţie - sisteme solare, galaxii, roiuri de galaxii, superroiuri şi complexe de superroiuri - separate prin regiuni de

vid, care alcătuiesc un întreg complex. La scară microscopică particulele elementare de materie s-au combinat şi au format nucleele celor aproximativ 95 de elemente de origine naturală. Acestea s-au combinat cu electroni complexificându-se mai departe în atomi şi apoi în moleculele cu până la 13 atomi descoperite până în prezent în spaţiul cosmic şi în meteoriţi.

3. Viaţa a apărut pe suprafaţa uneia dintre aceste agregări de materie, planeta Pământ, care s-a format cu 4,6 până la 4 miliarde de ani în urmă din deşeurile materiale care orbitau în jurul Soarelui când acesta şi-a început activitatea. Au fost propuse câteva conjecturi pentru a explica modul în care, la aproximativ o jumătate de miliard de ani de la formarea Pământului, moleculele lipsite de viaţă cuprinzând până la 13 atomi s-au combinat pentru a forma complexitatea, dimensiunea, structura schimbătoare şi funcţionarea celor mai simple forme de viaţă independente. Totuşi, deoarece procesele geologice au distrus iremediabil dovezile, ştiinţa nu are capacitatea să explice apariţia vieţii, aşa cum nu poate să explice nici apariţia materiei.

Pg.672

4. Deşi nu se poate stabili cu exactitate momentul la care a avut loc, apariţia vieţii - capacitatea unei entităţi închise de a răspunde la schimbări din interiorul ei şi din mediul înconjurător, de a extrage energie şi materie din mediu şi de a converti energia şi materia în activitate dirijată din interior, care include menţinerea propriei existenţe - marchează o modificare ce ţine de natură, nu doar de grad, faţă de materia neînsufleţită.

5. Este foarte probabil, deşi nu sigur, că viaţa a apărut o singură dată pe Pământ şi că toate vieţuitoarele de pe planetă au evoluat din acest eveniment unic.

6. Cel mai probabil, colaborarea activă a unora dintre primele forme de viaţă pentru supravieţuirea lor comună a condus la contopirea lor şi a avut drept rezultat ramificarea vieţii, cele mai multe dintre ramuri diversificându-se mai departe în specii din ce în ce mai complexe.

7. Speciile, tot mai numeroase, s-au răspândit pe suprafaţa pământului, ocupând habitate care au favorizat dezvoltarea unor mijloace specifice de supravieţuire şi de reproducere. Ele au format un biostrat deasupra geosferei lipsite de viaţă.

8. Competiţia pentru resurse, mutaţiile genetice dăunătoare şi schimbările bruşte de mediu care au dus la pierderea habitatului favorabil au determinat tiparul dominant în rândul vieţuitoarelor, extincţia speciilor.

9. Colaborarea la nivelul genelor, genomurilor, celulelor, ţesuturilor, organelor şi organismelor a produs dezvoltarea unor

specii mai complexe.

10. Ramura animală a fost caracterizată prin mobilitate, prin reproducere sexuată, care a sporit complexificarea, şi printr-o tot mai accentuată centralizarea sistemului nervos, care astfel receptează şi reacţionează la stimulii interni şi externi. Aceşti trei factori au făcut ca ramura animală să evolueze în linii evolutive divergente şi uneori contopite.

11. Evoluţia speciilor cu complexitate morfologică crescută şi un sistem nervos centralizat s-au corelat cu dezvoltarea conştiinţei acestor specii.

12. Cu o excepţie, liniile evolutive supravieţuitoare au sfârşit în staza ultimei specii, cu unele modificări morfologice minore şi reversibile, ca răspuns la schimbările reversibile ale mediului.

13. Acea unică excepţie este specia umană, a cărei conştiinţă s-a dezvoltat până când a devenit conştientă de sine: membrii acestei specii nu numai că ştiu, dar ştiu că ştiu. Numai oamenii au capacitatea de a reflecta asupra lor înşişi şi asupra cosmosului din care ştiu că fac parte.

14. Din cauza numărului extrem de mic de fosile şi de dovezi de alte tipuri, este aproape sigur că ştiinţa nu va fi niciodată capabilă să explice cu siguranţă unde, când, de ce şi cum a avut loc apariţia oamenilor. Probabil a avut loc în Africa, deşi nu neapărat în estul Africii, şi s-a încheiat cu cel puţin 40.000 până la 10.000 de ani în urmă, posibil chiar mai devreme. A fost cauzată, cel mai probabil, de fluctuaţiile climatice care au produs habitate fluctuante, stimulând creativitatea, inventivitatea şi înţelegerea avantajelor cooperării pentru supravieţuire, în detrimentul competiţiei. Se poate ca în această schimbare evolutivă să fi jucat un rol şi hibridizarea sau duplicarea întregului genom.

15. Se pare că avem aici un exemplu de emergenţă a sistemelor, în care interacţiunea dintre facultăţi precum inventivitatea, creativitatea şi comunicarea a dat naştere unei noi facultăţi, de nivel superior, conştiinţa reflexivă, care a provocat apoi transformarea facultăţilor de nivel inferior şi generarea de noi facultăţi, precum imaginaţia, credinţa, limbajul, abstractizarea şi moralitatea.

16. La fel ca şi apariţia vieţii din materia neînsufleţită, apariţia conştiinţei reflexive din conştiinţă, deşi nu se cunoaşte momentul precis la care a avut loc, a marcat o schimbare ce ţine de natură, nu doar de grad. După aceea evoluţia oamenilor a fost nu atât morfologică sau genetică, cât mai ales noetică: evoluţia conştiinţei reflexive.

17. Această evoluţie noetică poate fi împărţită în trei etape care se întrepătrund: gândirea primitivă, gândirea filozofică şi gândirea ştiinţifică. Gândirea primitivă, care a caracterizat 90% din existenţa omului, a apărut şi a evoluat atunci când principalele scopuri erau supravieţuirea şi reproducerea. Este caracterizată prin creativitate, inventivitate, imaginaţie şi credinţe.

18. Cu aproximativ 10.000 de ani în urmă, gândirea primitivă a dus la înţelegerea faptului că adaptarea habitatului la nevoile oamenilor este mai eficientă pentru supravieţuire decât traiul în grupuri mici, bazate mai ales pe relaţii de rudenie şi aflate în permanentă mişcare şi adaptare la schimbările habitatului. Inventarea agriculturii şi a aşezărilor umane agricole s-a asociat cu înţelegerea faptului că dezvoltarea acestora se poate realiza cel mai bine prin cooperare, care a avut drept rezultat schimbul de bunuri şi idei cu alte aşezări.

19. Totuşi, pe măsură ce aceste aşezări s-au dezvoltat şi s-au extins, cooperarea a avut de înfruntat instinctul predominant al competiţiei agresive, înrădăcinat în istoria de milioane de ani a strămoşilor preumani. Acest instinct a condus la lupte pentru controlul aşezărilor şi al resurselor lor agricole şi de altă natură. Rezultatele au fost centralizarea şi colaborarea forţată.

Pg.674

20. Pe măsură ce s-au extins, aşezările şi-au dezvoltat ierarhii sociale care reflectau diverse categorii de abilităţi transmise de la părinţi la copii şi cuprindeau de obicei conducători, preoţi, războinici, negustori, meşteşugari, agricultori şi sclavi. Aceste aşezări au evoluat în oraşe conduse autocratic, oraşe-state şi apoi imperii care au înflorit şi au apus. Tiparul general pe întreaga planetă a fost extinderea, complexificarea şi centralizarea societăţilor umane.

21. Evoluţia gândirii primitive a fost strâns legată de evoluţia credinţelor care au apărut din imaginaţie şi din lipsa de înţelegere a fenomenelor naturale sau teama de necunoscut, adică din superstiţie. Din animism, totemism şi cultul strămoşilor, caracteristice societăţilor de vânători-culegători, s-au dezvoltat religii care au reflectat creşterea în dimensiuni, complexitate şi specializare a societăţilor umane sedentarizate. Religiile s-au dezvoltat de la adorarea unei zeiţe a fertilităţii la politeism, apoi la un panteon condus de un zeu atotputernic, al cerului şi al războiului, şi în cele din urmă la un monoteism patriarhal în care ceilalţi zei sunt subsumaţi unui singur Dumnezeu sau decăzuţi la rangul de îngeri.

22. Religiile s-au răspândit atunci când au fost adoptate de imperii, în timp ce conducătorii autocraţi ai imperiilor, până la

Primul Război Mondial, au pretins că au un mandat divin, pentru a-şi legitima şi a-şi consolida puterea.

23. Gândirea primitivă a fost aplicată pentru a crea tehnologii pentru supravieţuirea societăţilor umane şi pentru a influenţa forţele supranaturale considerate răspunzătoare pentru soarta lor. Ea a produs primele forme de artă, muzică, limbaj vorbit şi scris, matematică şi astronomie.

24. Conştiinţa reflexivă le-a permis oamenilor să adapteze orice teritoriu de pe planetă ca habitat, rămânând în acelaşi timp o singură specie, care nu se încrucişează cu nici o alta.

25. Gândirea filozofică a apărut acum aproximativ 3.000 de ani - cam 10% din existenţa umană - în diverse locuri de pe planetă, şi a servit pentru a găsi răspunsuri la întrebările introspective „ce suntem“, „de unde venim?“ şi „cum ar trebui să ne comportăm?", fără invocarea spiritelor, a zeităţilor antropomorfice sau a unui Dumnezeu. Filozofii antici au folosit intuiţia, rezultată de obicei din meditaţie disciplinată, şi raţionamentul, bazat pe observarea fenomenelor naturale sau pe supoziţii considerare evidente. Această etapă a marcat căutarea cunoaşterii în sine, nu doar a cunoaşterii în vederea supravieţuirii şi reproducerii.

Pg.675

26. Înţelepţii din diverse culturi au împărtăşit de obicei o înţelegere similară a faptului că toate lucrurile au o unitate fundamentală, într-o realitate fundamentală, inefabilă. Aceasta este cel mai bine descrisă drept o conştiinţă sau inteligenţă cosmică transcendentă, care nu are formă şi există în afara spaţiului şi timpului, dar este imanentă în fenomenele percepute de cele cinci simţuri fizice şi de mintea noastră; esenţa fiecăruia dintre noi, distinctă de sinele nostru fenomenal, este identică cu acest întreg indivizibil. Mai mult, această realitate fundamentală guvernează funcţionarea cosmosului, iar pentru a dobândi împlinirea trebuie să ne armonizăm viaţa cu ea.

27. Atunci când gândirea s-a interesat mai ales de felul în care ar trebui să ne comportăm unii faţă de alţii, aproape toţi filozofii antici, fie că foloseau intuiţia sau raţionamentul, au ajuns la concluzia că putem dobândi seninătatea şi împlinirea numai printr-un comportament lipsit de egoism şi tratându-i pe ceilalţi aşa cum am dori să fim trataţi noi înşine. Această perspectivă contravenea tendinţei obişnuite în societăţile vremii către agresivitate, război şi cucerire. Îndemnul lor de bază era cooperarea în detrimentul competiţiei pentru obţinerea progresului umanităţii.

28. Gândirea filozofică a cunoscut cea mai importantă

ramificare începând din secolul al XII-lea, când Occidentul a adoptat raţionamentul ca unică metodă predată în universităţi. Raţionamentul s-a ramificat în funcţie de obiectul investigaţiei, iar aceste ramuri s-au diversificat odată cu apariţia diverselor şcoli de gândire. Intuiţia avea mai degrabă un caracter ireductibil, iar ramificarea ţine mai ales de şcolile înfiinţate pentru a interpreta intuiţiile înţelepţilor.

29. Deşi unele ramuri au rădăcini în vechime, gândirea ştiinţifică, a treia etapă a evoluţiei umane, a apărut pe parcursul a circa 150 de ani, începând de la mijlocul secolului al XVI-lea, sub forma unor încercări de a înţelege fenomenele naturale prin observaţii şi experimente sistematice, de preferinţă măsurabile, cu ajutorul cărora au fost deduse legi testabile şi au fost făcute predicţii verificabile. Principalele sale ramuri au fost ştiinţele fizice, care studiau fenomenele lipsite de viaţă, ştiinţele vieţii, care studiau fiinţele vii, şi ştiinţele medicale, care au căutat să susţină supravieţuirea oamenilor. Studiile despre oameni şi despre relaţiile lor sociale au dus la dezvoltarea ştiinţelor sociale în secolul al XIX-lea.

30. Ştiinţa a contrazis multe credinţe superstiţioase şi conjecturi filozofice cu privire la fenomenele naturale. Totuşi, apariţia sa nu a dus la respingerea superstiţiei. Aceasta se înrădăcinase de zeci de mii de ani, iar cei mai mulţi pionieri ai gândirii ştiinţifice au păstrat credinţele superstiţioase. În plus, ei credeau că legile naturale pe care au căutat să le descopere au fost create de Dumnezeu.

Pg.676

31. Etapa gândirii ştiinţifice ocupă mai puţin de 2% din existenţa umană, dar în această perioadă evoluţia umană s-a accelerat şi mai mult. Susţinută de inventarea unor tehnologii din ce în ce mai sofisticate, gândirea ştiinţifică a produs o creştere geometrică a cunoştinţelor noastre despre ceea ce suntem din punct de vedere fizic, originile noastre, universul din care facem parte şi relaţiile dintre noi.

32. Ştiinţa s-a ramificat într-un număr tot mai mare de domenii foarte specializate, astfel încât s-a creat o prăpastie de comunicare între specialişti, cărora le e greu să mai vadă imaginea de ansamblu sau să se angajeze într-un dialog semnificativ, în afară de cazurile în care domeniile lor se intersectează. Hiperspecializarea a întreţinut credinţa în reducţionism ca unică metodă ştiinţifică, precum şi credinţa în fizicalism, ceea ce este lipsit de logică, deoarece o convingere nu este un lucru fizic sau o interacţiune între lucruri fizice.

33. Cu câteva sute de ani în urmă, tehnologia care a făcut

posibilă investigarea fenomenelor neobservabile a contribuit la cea de-a doua revoluţie ştiinţifică în fizică. Mecanica cuantică a dezvăluit un domeniu submicroscopic de indeterminări, corelări cuantice şi interdependenţe care contrastează cu determinismul fizicii clasice sau newtoniene a primei revoluţii ştiinţifice. Mulţi dintre pionierii săi au sugerat că modelele sale matematice predictive şi validate empiric necesită conştiinţa pentru a determina materializarea fenomenelor fizice. Unii dintre ei au împărtăşit viziuni globale asemănătoare cu intuiţiile antice privind existenţa unei conştiinţe sau inteligenţe cosmice transcendente, care se manifestă în fenomenele fizice percepute de simţurile şi mintea noastră şi care guvernează interacţiunile acestor fenomene interdependente.

34. Începând de la mijlocul secolului XX fizicienii au căutat din ce în ce mai mult să demonstreze că toată materia şi energia - adică toate fenomenele fizice - sunt manifestări de joasă energie ale unei singure energii prezente de la începutul universului. Această tendinţă convergentă a ştiinţei fundamentale, în opoziţie cu tendinţa divergentă a ştiinţelor de până atunci, este la rându-i consonantă cu intuiţia antică a unei energii fundamentale care stă la baza tuturor lucrurilor.

35. Depăşind pragul conştiinţei reflexive, oamenii au dezvoltat o natură duală. Moştenirea instinctului pentru competiţie agresivă şi pentru colaborare forţată a început să fie contracarată de reflecţie, care a dus la cooperare paşnică şi la altruism. Această nouă tendinţă s-a accentuat treptat în cursul celor trei etape întrepătrunse ale evoluţiei umane, în timp ce instinctul şi-a pierdut treptat întâietatea.

Pg.677

36. Abia de la mijlocul secolului XX - adică cel mult un sfert de procent din întreaga existenţă a omului -, tendinţa către cooperare şi altruism a început să aibă un impact planetar asupra societăţilor umane, manifestat prin apariţia organizaţiilor supranaţionale şi globale care cooperează în scopuri paşnice, umanitare, ştiinţifice şi educative.

37. Datorită progreselor ştiinţifice şi tehnologice din această scurtă perioadă a istoriei existenţei umane, a apărut înclinaţia către globalizare, asociată tendinţei convergente, atât la nivel fizic, cât şi la nivel noetic, adică prin gândire reflexivă. Spre deosebire de răspândirea globală a diverselor societăţi umane care ocupau diferite habitate de pe planetă, acum, cel puţin în societăţile avansate ştiinţific, aflate în avangarda evoluţiei umane, oamenii folosesc întregul glob drept habitat. Un aspect şi mai important este intensificarea comunicării aproape instantanee dintre ei,

printr-un număr tot mai mare de reţele electronice globale care au dus la o intensificare şi mai mare a gândirii.

38. În acest fel s-a dezvoltat un strat noetic sau mental, care a evoluat din biostrat, care a evoluat din geosferă, care a evoluat, în sfârşit, din energia primordială.

39. Rata acestui proces evolutiv cosmic a crescut exponenţial, stadiul lipsit de viaţă măsurând între 10 şi 20 de miliarde de ani, stadiul biologic, în jur de 3,5 miliarde de ani, iar stadiul uman, zeci de mii de ani; etapa gândirii filozofice a ocupat aproximativ 3.000 de ani, cea a gândirii ştiinţifice, în jur de 450 de ani, iar globalizarea şi convergenţa către vârful evoluţiei umane a început de cel mult 65 de ani.

Răspunsul scurt la întrebarea „ce suntem?“ este că, după câte ştim până în prezent, suntem produsul încă nedesăvârşit al unui proces evolutiv cosmic accelerat, caracterizat prin colaborare, complexificare şi convergenţă, şi în acelaşi timp, datorită conştiinţei reflexive, agenţii evoluţiei noastre viitoare.

NOTE

PARTEA ÎNTÂI Capitolul 2

1. Pentru traduceri am folosit Rig Veda, 1896 şi Upanişadele, 1987.
2. Pentru multe dintre miturile relatate în acest capitol am folosit Sproul, 1991 şi Charles H. Long, „Mitul creaţiei“, Encyclopwdia Britannica Online, 2014.
3. Graves, 1995, p. 27.
4. Sproul, 1991, pp. 19-20.
5. Vezi Subhash C. Kak, „Archaeoastronomy and Literature“, Current Science, nr. 73/7, 1997, pp. 624-627. Această echipă este formată din universitari indieni care pun sub semnul îndoielii ceea ce ei văd drept o tradiţie colonială victoriană de interpretare.
6. Finkelstein, Silberman, 2001.
7. The Revised English Bible, 1989, Geneză 1:1.
8. The Holy Qur'an, 1938, Sura 7:54 şi Sura 41:9-12.
9. Buddha, 1997.
10. Conform unui studiu realizat între 21 şi 22 aprilie 2005 de Rasmussen reports.
11. Calculul lui Ussher este prezentat în Gorst (2001). Pentru date contemporane care susţin această afirmaţie, vezi cele prezentate de Creation Science Association şi site-ul lor web: www.csama.org.
12. Vezi, de exemplu, Kitcher, 1982; Futuyama, 1983.
13. Sproul, 1991, p. 17.
14. Ibid., p. 6.
15. Ibid., p. 4.
16. Ibid, p. 10.
17. Ibid., p. 29.
18. Reanney, 1995, p. 99.
19. Finkelstein, Silberman, 2001.
20. Citat în Stephen D. Snobelen, „God of Gods and Lord of Lords: The Theology of Isaac Newton's General Scholium to the Principia“, Osiris, nr. 16, 2001, pp. 169-208.
21. Vezi anexa care tratează despre credinţa religioasă a lui Darwin în Charles Darwin, 1929.
22. Einstein, 1949.
23. Schrodinger, 1964.
24. Vezi Krishnamurti, Bohm, 1985, 1986, 1999.
25. http://www.cnn.com/2007/US/04/03/collins.commentary/index.html, accesat la 6 februarie 2008.

Capitolul 3

1. Geoffrey Burbidge, „Quasi-Steady State Cosmology“, http://arxiv.org/pdf/astro-ph/ 0108051, 2001, accesat la 29 decembrie 2006.
2. Andre K.T. Assis, Marcos C.D. Neves, „History of the 2.7 K Temperature Prior to Pen- zias and Wilson“, Apeiron, nr. 2, 1995, pp. 3, 79-87.
3. Vezi, de exemplu, Bryson, 2004, pp. 29-31.

4. Burbidge, 2001.
5. Maddox, 1998, pp. 33-34.
6. William A. Fowler, „Autobiography“, 1983, Nobel Foundation, http://nobelprize. org/nobel_prizes/physics/laureates/1983/fowler-autobio.html, accesat pe 31 octombrie 2007.
7. Magueijo, 2003, pp. 79-85.
8. Ibid., pp. 109-111; Linde, 2001.
9. Guth, 1997, pp. 213-214.
10. Magueijo, 2003, pp. 94-98.
11. Guth, 1997, p. 186.
12. Linde, 2001.
13. Alan Guth, Paul Steinhardt, „The Inflationary Universe“, Scientific American, nr. 250, 1984, pp. 116-128.
14. Linde, 2001.
15. Roger G. Clowes et al., „A Structure in the Early Universe at Z ~ 1.3 That Exceeds the Homogeneity Scale of the R-W Concordance Cosmology“, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, ianuarie 2003.
16. I. Horvath et al., „Possible Structure in the GRB Sky Distribution at Redshift Two“, Astronomy & Astrophysics, 561 id. L12, 4pp., http://arxiv.org/abs/1401.0533v2, 2014, accesat la 29 august 2014.
17. Hawking, 1998, p. 46.
18. Guth, 1997, p. 87.
19. Ibid., pp. 238-239.
20. Braibant et al., 2012, pp. 313-314.
21. Rowan-Robinson, 2004, pp. 89-92.
22. Ibid., p. 99.
23. Geoffrey Burbidge, Fred Hoyle, „The Origin of Helium and the Other Light Ele- ments“, The Astrophysical Journal, nr. 509, L1-L3, 1998; Burbidge, 2001.
24. Linde, 2001.
25. Guth, 1997, p. 186.
26. Ibid., p. 250.
27. Ibid., pp. 278-279.
28. Ibid., p. 286.
29. Kyle Alspach, „Guth, Linde Win Gruber Cosmology Prize“, Science & Technology News, 1 mai 2004, pp. 1, 3.
30. P.A.R. Ade et al, „Detection of P-Mode Polarization at Degree Angular Scales by BI- CEP2“, 2014, http://arxiv.org/pdf/1403.3985, accesat la 18 martie 2014.
31. Ron Cowan, „Big Bang Finding Challenged“, Nature, nr. 510, 2014, p. 20.
32. Peter Coles, „Inside Inflation: After the Big Bang“, New Scientist Space. Special Report, 3 martie 2007, http://space.newscientist.com.libproxy.ucl.ac.uk/article/mg19325931.400; jsessionid=CCHNEIPIDDIE, accesat la 2 aprilie 2007.
33. Rowan-Robinson, 2004, p. 101.
34. Ellis, 2007, S.5.
35. Maddox, 1998, p. 55.

Capitolul 4

1. Rodgers, Peter, „Where Did All the Antimatter Go?“, Physics World, 2001, http:// physicsweb.org/articles/world/14/8/9, accesat la 12 iunie 2006.
2. Ellis, 2007, S.2.3.6.
3. Bruno Leibundgut, Jesper Sollerman, „A Cosmological Surprise: The Universe Ac- celerates“, Europhysics News, 32 (4), 2001http://www.eso.org/~bleibund/papers/ EPN/epn.html, accesat la 10 februarie 2007; Adam Riess, „Dark Energy“, Encyclopw- dia Britannica Online, 2014, http://www.britannica.com/EBchecked/topic/1055698/ dark-energy, accesat la 19 februarie 2014.
4. George Ellis, „Physics Ain't What It Used to Be“, Nature, nr. 438/7069, 2005, pp. 739— 740.
5. Martin Kunz et al., „Model-Independent Dark Energy Test with Sigma [Sub 8] Using Results from the Wilkinson Microwave Anisotropy Probe“, Physical Review D (Parti- cles, Fields, Gravitation, and Cosmology), 2004, nr. 70/4, 041301.
6. David Shiga, „Is Dark Energy an Illusion?“, 30 martie 2007, http://www.newscien- tist.com/article/dn11498-is-dark-energy-an-illusion.html#.U5GjRSj5hhI.
7. Ruth Durrer, „What Do We Really Know About Dark Energy?“, Philosophical Tran- sactions of the Royal Society A, nr. 369/1957, 2011, pp. 5102-5114.
8. Richard Lieu, „ACDM Cosmology: How Much Suppression of Credible Evidence, and Does the Model Really Lead Its Competitors, Using All Evidence?“, 2007, http:// arxiv.org/abs/0705.2462.
9. Ellis, 2007, S.2.3.5.
10. Lawrence M. Krauss, „What Is Dark Energy?“, Nature, nr. 431, 2004, pp. 519-520.
11. Toman, 1987.
12. Guth, 1997, pp. 9-12 şi 289-296.
13. Edward P. Tryon, „Is the Universe a Vacuum Fluctuation?“, Nature, nr. 246, 1973, pp. 396-397.
14. Rees, 1997, p. 143.
15. Hawking, 1988, p. 129.
16. John Maddox, „Down with the Big Bang“, Nature, nr. 340, 1989, pp. 425-425.

Capitolul 5

1. Hawking, 1988, pp. 132-141.
2. Penrose, 2004, pp. 769-772.
3. Linde, 2001.
4. Citat în Science & Technology News, 1 mai 2004, p. 3.
5. Guth,1997, pp. 250-252.
6. Linde, 2001.
7. Arvind Borde, Alexander Vilenkin, „Eternal Inflation and the Initial Singularity“,
PhysicalReviewLetters, 72/21, 2004, pp. 3305-3308.
8. Magueijo, 2003.
9. John D. Barrow, „Einstein and the Universe“, 2005, Gresham College Lecture, Londra, 18 octombrie.
10. Smolin, 1998, pp. 112-132.

11. Abhay Ashtekar et al., „Quantum Nature of the Big Bang: An Analytical and Nume- rical Investigation“, Physical Review D (Particles, Fields, Gravitation, and Cosmology), 73/12, 2006, 124038.
12. Narlikar, Burbidge, 2008.
13. Ned Wright's Cosmology Tutorial at UCLA, 2004, http:// www.astro.ucla.edu/~wri- ght/stdystat.htm.
14. Lerner, 1992, updated on http://www.bigbangneverhappened.org/ index.htm.
15. Riccardo Scarpa et al., „UV Surface Brightness of Galaxies from the Local Universe to Z ~ 5“, International Journal of Modern Physics D, 23/6, 2014, 1450058.
16. Steinhardt, comunicare privată, iunie 2007.
17. Paul J. Steinhardt, Neil Turok, „The Cyclic Model Simplified“, Physics Department, Princeton University, 2004, http://www.phy.princeton.edu/ ~steinh/dm2004.pdf, accesat la 11 martie 2007.
18. Jonathan Leake, „Exploding the Big Bang“, The Sunday Times, 20 august 2006, p. 14.
19. Steinhardt, comunicare privată, 9 martie 2007.
20. Steinhardt, 2004; 2007.
21. Steinhardt, comunicare privată, 12 martie 2007.
22. Ibid.
23. Steinhardt, comunicare privată, 30 aprilie şi 7 mai 2007.
24. Steinhardt, comunicare privată, 20 august 2014.
25. Susskind, 2005.
26. Smolin, 2007, p. 105.
27. Magueijo, 2003, p. 239.
28. David Gross, „Viewpoints on String Theory“, WGBH, 2003, http:// www.pbs.org/ wgbh/nova/elegant/view-gross.html, accesat la 15 august 2006.
29. Citat în Smolin, 2007, p. 154.
30. Ibid., p. 107.
31. D. Friedan, „A Tentative Theory of Large Distance Physics“, Journal of High Energy Physics, nr. 10, 2003, pp.1-98.
32. Smolin, 2007, p. 198.
33. Woit, 2006.
34. Smolin, 2007, p. 178.

Capitolul 6

1. Ellis, 2007, S.2.3.2.
2. Maddox , 1998, p. 36.
3. Ibid., p. 27.
4. http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/1994/49/text/, accesat la 26 octombrie 1994.
5. http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/ topstory/2003/0206mapresults. html#bctop, 11 februarie 2003.
6. http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Planck/ Planck_reveals_an_al- most_perfect_Universe, 21 martie 2013.
7. Rowan-Robinson, 2004, p. 163.
8. Alceste Bonanos et al., „The First Direct Distance Determination to a Detached Eclipsing Binary in M33“, The Astrophysical Journal, nr. 652, 2006, pp. 313-322.

9. Rowan-Robinson, 2004, p. 164.
10. Lerner, 1992, cu date şi referinţe extinse care se regăsesc la http://www.bigbangne- verhappened.org/, accesat la 16 februarie 2014.
11. Ned Wright's Cosmology Tutorial at UCLA, 2003, http://www.astro.ucla.edu/~wri- ght/lerner_errors.html#SC.
12. Ellis, 2007, S.4.2.2 şi S.2.3.5.
13. „Quasar", McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology; „Quasar", The Columbia Electronic Encyclopedia, Sixth Edition, accesat la 29 ianuarie 2008.
14. Rowan-Robinson, comunicare privată, 2007.
15. Burbidge, comunicare privată, 14 ianuarie 2008.
16. Arp, 1998.
17. Burbidge, comunicare privată, 14 ianuarie 2008.
18. Arp, Halton, C. Fulton, 2008, „A Cluster of High Redshift Quasars with Apparent Di- ameter 2.3 Degrees", http://arxiv.org/pdf/0802.1587v1, accesat la 28 februarie 2008.
19. Arp, comunicare privată la 18 şi 25 februarie 2008.
20. P.K. Das, „Quasars in Variable Mass Hypothesis", Journal of Astrophysics and Astro- nomy, 18/4, 2007, pp. 435-450.
21. Singh, 2005, pp. 462 şi 463.
22. Robin McKie, „Has Man Mastered the Universe?", The Observer, 26 aprilie 1992, pp. 8-9.
23. „Big Bang Brouhaha", Nature, 356/6372, 1992, p 731.
24. J.V. Narlikar et al., „Inhomogeneities in the Microwave Background Radiation In- terpreted within the Framework of the Quasi-Steady State Cosmology", The Astro- physical Journal, nr. 585/1, 2003, pp.1-11.
25. http://www.nasa.gov/home/hqnews/2006/mar/HQ_06097_first_trillionth_ WMAP.html, 16 martie 2006.
26. Richard Lieu, Jonathan P.D. Mittaz, „On the Absence of Gravitational Lensing of the Cosmic Microwave Background", The Astrophysical Journal, nr. 628, 2005, pp. 583-593; Lieu, Richard, Jonathan P.D. Mittaz, „Are the WMAP Angular Magnifica- tion Measurements Consistent with an Inhomogeneous Critical Density Uni- verse?", The Astrophysical JournalLetters, nr. 623, 2005, L1-L4.
27. David L. Larson, Benjamin D. Wandelt, „A Statistically Robust 3-Sigma Detection of Non-Gaussianity in the WMAP Data Using Hot and Cold Spots", Physical Review D, 2005, http://arxiv.org/abs/astro-ph/0505046, accesat la 25 mai 2007.
28. Kate Land, Joăo Magueijo, „Examination of Evidence for a Preferred Axis in the Cosmic Radiation Anisotropy", Physical Review Letters, 2005, nr. 95, 071301.
29. Paul Steinhardt, comunicare privată, 20 martie, 2007.
30.http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Planck/Planck_reveals_an_al- most_perfect_Universe, 21 martie 2013.
31. George Ellis, „Physics Ain't What It Used to Be", Nature, 438: 7069, 2005, pp. 739-740.
32. Max Tegmark, „Parallel Universes", Scientific American, 1 mai 2003, http://www. sciam.com/article.cfm?articleID=000F1EDD-B48A-1E90-8EA5809EC5880000, accesat la 8 august 2006.
33. Apud Ellis, 2007, S.9.3.2.
34. Ibid., S.9.3.2.

35. Davies, 1990, p. 10.

Capitolul 7

1. Pentru aceste diviziuni am folosit Ellis, 2007, S.9.3.3.
2. Max Tegmark, „Parallel Universes“, Scientific American, 1 mai 2003, http://www. sciam.com/article.cfm, accesat la 8 august 2006.
3. Penrose, 2004, pp. 17-19 şi 1027-1029.
4. Keith Ward, „Cosmology and Creation“, Gresham College lecture, Londra, 17 noiembrie 2004.
5. Elgin, 1993, capitolul 13.
6. Smolin, 1998, p. 242.
7. Weinberg, 1994, p. 94.
8. Rees, 2000.
9. Smolin, 1998, p. 198.
10. Ibid., p. 184.
11. http://www.accesstoinsight.org/ptf/dhamma/sagga/loka.html, accesat la 9 iunie 2014.
12. Tegmark, 2003.
13. Ellis, 2002, S.6.6.

Capitolul 8

1. Subhash C. Kak, „Indian Physics: Outline of Early History“, 2003, http://arxiv.org/ abs/physics/0310001v1, accesat la 30 septembrie 2005.
2. Griffiths, 1987, pp. 37-48.
3. Smolin, 1998, p. 65.
4. Rowan-Robinson, 2004, p. 99.
5. Lochner et al., 2005.
6. Rowan-Robinson, 2004, pp. 26-42.
7. Guth, 1997, p. 238.
8. Paul Steinhardt, „Big Bang Blunder Bursts the Multiverse Bubble“, Nature, 510/7503, 2014, p. 9.
9. O.J. Eggen et al, „Evidence from the Motions of Old Stars That the Galaxy Col- lapsed“, Reports on Progress in Physics, 136:748, 1962.
10. L. Searle, R. Zinn, „Compositions of Halo Clusters and the Formation of the Galactic Halo“, AstrophysicalJournal, nr. 225 (1), 1978, pp.357-379.
11. Michael Rowan-Robinson, „Dark Doubts for Cosmology“, New Scientist, 1759, 1991, p. 30.
12. Will Saunders et al., „The Density Field of the Local Universe“, Nature, 349/ 6304, 1991, pp. 32-38.
13. David Lindley, „Cold Dark Matter Makes an Exit“, Nature, 349/6304, 1991, p. 14.
14. Volker Springel et al., „Simulations of the Formation, Evolution and Clustering of Galaxies and Quasars“, Nature, 435/7042, 2005, pp. 629-636.
15. Springel et al., 2005.
16. http://www.nasa.gov/home/hqnews/2006/aug/ HQ_06297_CHANDRA_Dark_Mat- ter.html, 21 august 2006.
17. Ellis, 2007, S 2.5.1, S 4.2.2 şi S 4.3.1.
18. Marcus Chown, „Did the Big Bang Really Happen?“, New Scientist, nr. 2506, 2005, p.30.

19. Springel et al., 2005.
20. Roger Clowes et al., „A Structure in the Early Universe at Z ~ 1.3 That Exceeds the Homogeneity Scale of the R-W Concordance Cosmology“, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, ianuarie 2013.
21. Govert Schilling, „Planetary Systems: From a Swirl of Dust, a Planet Is Born“, Science, 286/ 5437, 1999, pp. 66-68.
22. Derek Ward-Thompson, „Isolated Star Formation: From Cloud Formation to Core Collapse“, Science, 295/5552, 2002, pp. 76-81.
23. A. Kashlinsky et al., „Tracing the First Stars with Fluctuations of the Cosmic Infra- red Background“, Nature, 438/7064, 2005, pp. 45-50.
24. Ward-Thompson, 2002.
25. Martin J. Rees, „How the Cosmic Dark Age Ended“, Science, 295/5552, 2002, pp. 51-53.
26. Rees, 2002.
27. Smolin, 1998, pp. 144-172.
28. Rees, 2002, pp. 31-32.
29. Adams, Laughlin, 1999.
30. John D. Barrow, „The Early History of the Universe“, Gresham College lecture, Londra, 14 noiembrie 2006.
31. Lawrence M. Krauss, Michael S. Turner, „Geometry and Destiny“, General Relativity and Gravitation, 31/10, 1999, pp. 1453-1459.

Capitolul 9

1. http://www.foresight.org/Nanomedicine/Ch03_1.html, accesat la 22 iunie 2007.
2. Această secţiune se bazează în special pe Rowan-Robinson, 2004, pp. 22-26; Mo- rowitz, 2004, pp. 48-53 şi Lochner et al., 2005.
3. E. Margaret Burbidge et al, „Synthesis of the Elements in Stars“, Reviews of Modern Physics, 29/4, 1957, pp. 547-650.
4. http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/geology/crust_elements.html, accesat la 22 iunie 2007.
5. Chang, 2007, p. 52.
6. Barrow, Tipler, 1996, pp. 250-253.
7. Această secţiune se bazează în general pe Ellis, 2002, capitolul 3; Barrow, Tipler, 1996, pp. 295-305; Morowitz, 2004, pp. 51-57.
8. Barrow, Tipler, 1996, pp. 295-305. Valorile constantelor sunt preluate din Physics Laboratory of the National Institute of Standards and Technology, http://physics. nist.gov, accesat la 15 noiembrie 2007.
9. Lewis E. Snyder et al., „Confirmation of Interstellar Acetone“, Astrophysical Journal, 578: Part 1, 2002, pp. 245-255.
10. G.W. Fuchs et al, „Trans-Ethyl Methyl Ether in Space. A New Look at a Complex Molecule in Selected Hot Core Regions“, Astronomy and Astrophysics, 444/2, 2005, pp. 521-530.
11. M.B. Bell et al., „Detection of HC11N in the Cold Dust Cloud TMC-1“, Astrophysical Journal, 483, partea a II-a, 1997, L61-L64.
12. Lunine, 1999, pp. 51-53; „Chondrite“, Cosmic Lexicon. Planetary Science Research Discovery, 1996.

Capitolul 10

1. Davies, 1990, p. 56.
2. Penrose, 2004, p. 726.
3. Hawking, 1998, pp. 49-50.
4. Penrose, 2004, p.707.
5. Ibid, p. 731.
6. Hawking, 1998, pp. 149-150.
7. Ellis, 2002, S.5.4.6.
8. Davies, 1990, p. 52.
9. Ellis, 2007, S.2.5.

PARTEA A DOUA Capitolul 12

1. Document JPL D-34923 din 12 iunie 2006: http://exep.jpl.nasa.gov/files/exep/STDT_ Report_Final_Ex2FF86A.pdf, secţiunea 1.3.1.1.3; accesat la 21 martie 2014.
2. James B. Pollack et al., „Formation of the Giant Planets by Concurrent Accretion of Solids and Gas“, Icarus, nr. 124/1, 1996, pp. 62-85.
3. Document JPL D-34923 din 12 iunie 2006.
4. Morowitz, 2004, p. 65.
5. Govert Schilling, „Planetary Systems: From a Swirl of Dust, a Planet Is Born“, Science, nr. 286/5437, 1999, pp. 66-68; Lunine, 1999, p. 4.
6. Ibid., pp. 124-125.
7. http://gsc.nrcan.gc.ca/geomag/nmp/long_mvt_nmp_e.php, accesat la 23 mai 2008.
8. James Kasting, comunicare privată, 30 mai 2008.
9. Gregory Ryskin, „Secular Variation of the Earth's Magnetic Field: Induced by the Ocean Flow?“, New Journal ofPhysics, nr. 11/6, 063015, 2009.
10. Bryson, 2004, pp. 228-229.
11. http://www.geolsoc.org.uk/gsl/geoscientist/features/page856.html, accesat la 23 mai 2008.
12. Kious, Tilling, 1996.
13. Ibid.
14. http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEhelp/ApolloLaser.html, accesat la 24 mai 2008.
15. S.J. Mojzsis et al., „Oxygen-Isotope Evidence from Ancient Zircons for Liquid Water at the Earth's Surface 4,300 Myr Ago“, Nature, nr. 409, 2001, pp. 178-181.
16. E.B. Watson, T.M. Harrison, „Zircon Thermometer Reveals Minimum Melting Conditions on Earliest Earth“, Science, nr. 308/5723, 2005, pp. 841-844.
17. Allen P. Nutman, „Comment on «Zircon Thermometer Reveals Minimum Melting Conditions on Earliest Earth» Ii“, Science, nr. 311/5762, 2006, p. 779.
18. Andrew Glikson, „Comment on «Zircon Thermometer Reveals Minimum Melting Conditions on Earliest Earth» I“, Science, nr. 311/5762, 2006, p. 779.
19. Lunine, 1999, pp. 130-131.
20. A. Morbidelli et al., „Source Regions and Timescales for the Delivery of Water to the Earth“, Meteoritics &Planetary Science, nr. 35/6, 2001, pp. 309-1320.
21. Lunine, 1999, pp. 127-130.

22. http://solarsystem.nasa.gov/scitech/display.cfm?ST_ID=446, accesat la 10 iunie 2014.
23. Lunine, 1999, p. 132.
24. James Kasting, „Essay Review of Peter Ward and Don Brownlee's Rare Earth: Why Complex Life Is Uncommon in the Universe", Perspectives in Biology and Medicine, nr. 44, 2001, pp. 117-131.
25. Lunine, 1999, p. 165.
26. Ibid., pp. 165-176.
27. Gribbin, 2004, pp. 200-223.
28. J.F. Kasting, D. Catling, „Earth: Evolution of a Habitable Planet", Ann Rev Astron Astrophys, nr. 41, 2003, pp. 429-463.
29. http://www.seti.org/seti/seti-science, accesat la 21 februarie 2008.
30. Rowan-Robinson, 2004, p. 65.
31. Ward, Brownlee, 2000.
32. Guillermo Gonzalez et al., „The Galactic Habitable Zone: Galactic Chemical Evolution", Icarus, nr. 152/1, 2001, pp. 185-200.
33. Ward, Brownlee, 2000.
34. J.F. Kasting et al., „Habitable Zones around Main Sequence Stars", Icarus, nr. 101/1, 1993, pp. 108-112.
35. Document JPL D-34923 din 12 iunie 2006: http://planetquest.jpl.nasa.gov/TPF/ STDT_Report_Final_Ex2FF86A.pdf.
36. A. Wolszczan, D.A. Frail, „A Planetary System around the Millisecond Pulsar Psr1257 + 12", Nature, nr. 355/6356, 1992, pp. 145-147.
37. http://www.nasa.gov/mission_pages/kepler/main/index.htmlt.U_PC0Cj5hhK, accesat la 9 august 2014.
38. Ann Finkbeinter, „Astronomy: Planets in Chaos", Nature, nr. 511, 2014, pp. 22-24.
39. Ward, Brownlee, 2000.
40. http://www.planetary.org/explore/topics/compare_the_planets/terrestrial.html, accesat la 25 mai 2008.
41. http://earthobservatory.nasa.gov/Study/Paleoclimatology_Evidence/, accesat la 11 iunie 2008.
42. http://www.newscientist.com/article/mg21228384.600-aliens-dont-need-a-moon- like-ours.html#.U5covij5hhI, accesat la 10 iunie 2014.
43. Morowitz, 2004, pp. 58-62.

Capitolul 13

1. Nagler, 1987, p. 265.
2. TheUpanishads, 1987, pp. 155-172.
3. Nagler, 1987, p. 265.
4. Moira Yip, profesor de fonetică şi lingvistică la University College London, comunicare privată, 28 ianuarie 2008.
5. Gottlieb (2001), pp. 13-14.
6. Ibid., p. 311.
7. Ibid., pp. 230-239; „Vitalism", The OxfordDictionary of Philosophy, Oxford University Press, 2005.
8. William Bechtel, Robert C. Richardson, „Vitalism", în E. Craig (ed.), Routledge Enciclopedia of Philosophy, Routledge, London, 1998.
9. Krieger, 1993, p. 7.
10. Krieger, Dolores, „Therapeutic Touch: The Imprimatur of Nursing",

The American Journal of Nursing, nr. 75/5, 1975, pp. 784-787.
11. A. Gordon et al., „The Effects of Therapeutic Touch on Patients with Osteoarthritis of the Knee“, JFamPract, nr. 47/4, 1998, pp. 271-277.
12. Linda Rosa et al., „A Close Look at Therapeutic Touch“, JAMA, nr. 279/13, 1998, pp. 1005-1010.
13. Bohm, 1980 [D. Bohm, Plenitudinea lumii si ordinea ei, trad. H.-R. Patapievici şi Sorin Părăoanu, Editura Humanitas, Bucureşti, 1995, pp. 49, 50, 275 - n red.].
14. Laszlo, 2006.
15. Sheldrake, 2009.
16. John Maddox, „A Book for Burning?“, Nature, nr. 293, 1981, pp. 245-246.
17. Victor J. Stenger, „Bioeenergetic Fields“, The Scientific Review of Alternative Medicine, nr. 3/1, 1991.
18. Wilson, 1998, p. 58.
19. Crick, 1995, p. 11.
20. Davies, 1990, p. 61.
21. Apud ibid., pp. 61-62.
22. ApudMcFadden, 2000, p. 13.
23. Davies, 1990, p. 59.
24. Ibid., p. 65.
25. Philip Ball, „What Is Life? Can We Make It?“, Prospect, august 2004, pp. 50-54.
26. Vezi, de exemplu, definiţii ale virusului în Gale GeneticsEncyclopedia, 2003; McGraw- Hill Science and Technology Encyclopedia, 2005; Columbia Electronic Encyclopedia, accesat la 31 iulie 2008.
27. Smolin, 1998, p. 194.
28. Capra, 1997.
29. Ibid., p. 96.
30. McFadden, 2000, pp. 13-16.

Capitolul 14

1. Elso S. Barghoorn, Stanley A. Tyler, „Microorganisms from the Gunflint Chert“, Science, nr. 147/3658, 1965, pp. 563-577.
2. J. William Schopf, „Microfossils of the Early Archean Apex Chert: New Evidence of the Antiquity of Life“, Science, nr. 260/5108, 1993, pp. 640-646.
3. S.J. Mojzsis etal., „Evidence for Life on Earth before 3,800 Million Years Ago“, Nature, nr. 384/6604, 1996, pp. 55-59.
4. Christopher M. Fedo, Martin J. Whitehouse, „Metasomatic Origin of Quartz-Pyro- xene Rock, Akilia, Greenland, and Implications for Earth’s Earliest Life“, Science, nr. 296/5572, 2002, pp. 1448-1452.
5. S.J. Mojzsis, T.M. Harrison, „Origin and Significance of Archean Quartzose Rocks at Akilia, Greenland“, Science, nr. 298/5595, 2002, p. 917.
6. Martin D. Brasier et al., „Questioning the Evidence for Earth’s Oldest Fossils“, Nature, nr. 416/6876, 2002, pp. 76-81.
7. Rex Dalton, „Microfossils: Squaring up over Ancient Life“, Nature, nr. 417/6891, 2002, pp. 782-784.
8. McFadden, 2000, pp. 26-27.
9. Kazem Kashefi, Derek R. Lovley, „Extending the Upper Temperature Limit for Life“, Science, nr. 301/5635, 2003, p. 934.

10. Nigel Henbest, „The Day the Earth Was Born“, Origins, Channel 4, 21 februarie 2004.
11. Li-Hung Lin et al., „Long-Term Sustainability of a High-Energy, Low-Diversity Crus- tal Biome“, Science, nr. 314/5798, 2006, pp. 479-482.
12. Vezi, de exemplu, Christos A. Ouzounis et al., „A Minimal Estimate for the Gene Content of the Last Universal Common Ancestor: Exobiology from a Terrestrial Perspective”, Research in Microbiology, nr. 157/1, 2006, pp. 57-68.
13. ApudDoolittle, 2000.
14. Ragan et al. (2009).
15. Ibid.
16. Douglas L. Theobald, „A Formal Test of the Theory of Universal Common An- cestry“, Nature, nr. 465/7295, 2010, pp. 219-222.
17. Thomas Cavalier-Smith, „Deep Phylogeny, Ancestral Groups and the Four Ages of Life“, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, nr. 365/1537, 2009, pp. 111-132.
18. Michael Polanyi, „Life’s Irreducible Structure“, Science, nr. 160/3834, 1968, pp. 1308-1312.

Capitolul 15

1. S.L. Miller, „A Production of Amino Acids under Possible Primitive Earth Condi- tions“, Science, nr. 117/3046, 1953, pp. 528-529.
2. McFadden, 2000, pp. 85-88.
3. Ibid., pp. 95-98.
4. David H. Lee et al., „A Self-Replicating Peptide“, Nature, nr. 382/6591, 1996, pp. 525528.
5. Cairns-Smith, 1990.
6. James P. Ferris et al., „Synthesis of Long Prebiotic Oligomers on Mineral Surfaces“, Nature, nr. 381/6577, 1996, pp. 59-61.
7. G. Wachtershauser, „Before Enzymes and Templates: Theory of Surface Metabo- lism“, MicrobiolRev, nr. 52, 1988, pp. 452-484.
8. McFadden, 2000, pp. 91-92.
9. McFadden, 2000, pp. 91-92.
10. Hoyle, Wickramasinghe, 1978.
11. Chandra Wickramasinghe et al., „SARS - a Clue to Its Origins?“, The Lancet, nr. 361/9371, 2003, p. 1832.
12. Vezi, de exemplu, Samuel Ponce de Leon, Antonio Lazcano, „Panspermia - True or False?“, TheLancet, nr. 362/9381, 2003, pp. 406-407.
13. W.M. Napier et al., „The Origin of Life in Comets“, International Journal of Astrobio- logy, nr. 6/04, 2007, pp. 321-323.
14. http://www.astrobiology.cf.ac.uk/News3.html, accesat la 12 august 2008.
15. N. Bostrom, „Are You Living in a Computer Simulation?“, PhilosophicalQuarterly, nr. 53/211, 2003, pp. 243-255.
16. Behe, 1996.
17. Mark J. Pallen, Nicholas J. Matzke, „From the Origin of Species to the Origin of Bacterial Flagella“, NatRev Micro, nr. 4/10, 2006, pp. 784-790.
18. News, „Hoyle on Evolution“, Nature, nr. 294, 1981, p. 105.
19. Fred Hoyle, Evolutionfrom Space: The OmniLecture Delivered at theRoyalInstitution, Lon- don on 12 January 1982, University College of Cardiff Press, Cardiff, 1982.

20. B. Carter, „Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmo- logy“, în M.S. Longair (ed.), Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data, Springer, 1974, pp. 291-298.
21. Barrow, Tipler, 1996.
22. Penrose, 1989, p. 561.
23. McFadden, 2000, pp. 219-240.
24. Kauffman, 1996.
25. Wilson, 1998, p. 97.
26. McFadden, 2000, p. 94.
27. Morowitz, 2004.

Capitolul 16

1. „Carolus Linnaeus“, Encyclopwdia Britannica Online, http:// www.britannica.com/ EBchecked/topic/342526/Carolus-Linnaeus; accesat la 20 decembrie 2008.
2. Maillet, 1968.
3. „Georges-Louis Leclerc, Comte de Buffon“, GaleEncyclopedia of Biography, 2006.
4. Erasmus Darwin, 1796 şi „Erasmus Darwin“, Encyclopwdia Britannica Online, http:// www.britannica.com/EBchecked/topic/151960/Erasmus-Darwin; accesat la 16 februarie 2010.
5. Erasmus Darwin, 1803.
6. Paul N. Pearson, „In Retrospect“, Nature, nr. 425/6959, 2003, p. 665.
7. David Clifford, „Jean-Baptiste Lamarck“, 2004, http:// www.victorianweb.org/sci- ence/lamarck1.html, accesat la 16 februarie 2010; Shanahan, 2004, pp. 14-23; Dan Graur et al., „In Retrospect: Lamarck's Treatise at 200“, Nature, nr. 460/7256, 2009, pp. 688-689; http:// www.ucmp.berkeley.edu/history/lamarck.html, accesat la 16 februarie 2010.
8. Etienne Geoffroy Saint Hillaire Collection, American Philosophical Society, http:// www.amphilsoc.org/mole/view?docId=ead/Mss.B.G287p-ead.xml;query=;brand=- default; accesat la 20 februarie 2010.
9. J.H.S. Green, „William Charles Wells, F.R.S. (1757-1817)“, Nature, nr. 179, 1957, pp. 997-999.
10. Adrian Desmond, „Robert E. Grant: The Social Predicament of a Pre-Darwinian Transmutationist“, Journal of the History of Biology, nr. 17, 1984, pp. 189-223, şi Desmond, comunicare privată, 2 aprilie 2010.
11. http://www.ucmp.berkeley.edu/history/matthew.html, accesat la 3 decembrie 2009.
12. Smith, 1998, pp. 2000-2014.
13. Francis Darwin, 1887, p. 68.
14. Ibid., p. 116.
15. Corespondenţa lui Darwin anterioară prezentării de la Societatea Linneeană se găseşte în ibid., pp. 116-127.
16. http://www.linnean.org/index.php?id=380, accesat la 20 februarie 2010.
17. Paul N. Pearson, „In Retrospect“, Nature, nr. 425, 2003, p. 6959.
18. Adrian Desmond, Sarah E. Parker, „The Bibliography of Robert Edmond Grant (1793-1874): Illustrated with a Previously Unpublished Photograph“, Archives of NaturalHistory, nr. 33/2, 2006, pp. 202-213.
19. Francis Darwin, 1887, vol. 2, pp. 206-207.

20. Charles Darwin, 1861, p. iv [toate citatele în limba română sunt preluate din C. Darwin, Originea speciilor, trad. Ion E. Fuhn, Editura Herald & Editura Academiei Române, Bucureşti, 2017 - n. red.].
21. Ibid., pp. xiv-xv.
22. http://anthro.palomar.edu/evolve/evolve_2.htm, accesat la 16 decembrie 2008.
23. Frank D. Steinheimer, „Charles Darwin's Bird Collection and Ornithological Knowledge During the Voyage of HMS Beagle, 1831-1836", Journal of Ornithology, nr. 145/4, 2004, pp. 300-320; Frank J. Sulloway, „The Beagle Collections of Darwin's Finches (Geospizinae)", Bulletin of the British Museum of Natural History (Zoology), nr. 43 (2), 1982, pp. 49-94; Frank J. Sulloway, „Darwin and His Finches: The Evolution of a Legend", Journal of the History ofBiology, nr. 15/1, 1982, pp. 1-53.
24. Lack, 1947.
25. Desmond, Moore, 1992, p. 209.
26. Charles Darwin, 1872, pp. 70-71.
27. Ibid., p. 49.
28. Ibid., p. 106.
29. Ibid., p. 49.
30. Ibid., p. 103.
31. Vezi, de exemplu, ibid., pp. 42 şi 47.
32. Ibid., p. 137.
33. Ibid., p. 50.
34. Charles Darwin, 1882, p. 107 [C. Darwin, Descendenţa omului si selecţia sexuală, trad. Eugen Margulius, Editura Academiei Republicii Socialiste România, Bucureşti, 1967 - n. red.].
35. Charles Darwin, 1872, p. 59.
36. Charles Darwin, 1868, pp. 5-6 [C. Darwin, Variaţia animalelor si plantelor sub influenţa domesticirii, trad. Eugen Margulius, Editura Academiei Republicii Socialiste România, Bucureşti, 1963 - n. red.].
37. Ibid., p. 6.
38. Charles Darwin, 1882, p. 606.
39. Francis Darwin, 1887, p. 215.
40. Charles Darwin, 1859, p. 134.
41. Charles Darwin, 1882, p. v.
42. Charles Darwin, 1872, p. 429.
43. Charles Darwin, 1958, p. 85.
44. Francis Darwin, 1887, vol. 2.
45. Ibid., vol. 2, pp. 243-244.
46. Desmond, 1989.
47. Sherrie L. Lyons, „The Origins of T H Huxley's Saltationism: History in Darwin's Shadow", Journal of the History ofBiology, nr. 28/3, 1995, pp. 463-494.
48. Gould, 2002, pp. 355-395.
49. Kropotkin, 1972, p. 18.
50. T.H. Huxley, „The Struggle for Existence: A Programme", Nineteenth Century, 1888, p. 165.
51. Kropotkin, 1972, p. 71.
52. Ibid.
53. Ibid., p. 30.
54. Sapp, 2009, pp. 115-120.

55. http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1933/morgan-bio.html, accesat la 20 decembrie 2008.
56. Schrodinger, 1992, bazată pe prelegeri ţinute în 1943.
57. Watson, Stent, 1980; Crick, 1990.
58. Francis Crick, „Central Dogma of Molecular Biology“, Nature, nr. 227/5258, 1970, pp. 561-563.
59. Coyne, 2006.
60. C.R. Woese et al., „Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Do- mains Archaea, Bacteria, and Eucarya“, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, nr. 87/12, 1990, pp. 4576-4579.

Capitolul 17

1. R.M. May, „How Many Species Inhabit the Earth?“, Scientific American, nr. 267/4, 1992, pp. 42-48.
2. UNEP, 2007, p. 164.
3. Vigdis Torsvik et al., „Prokaryotic Diversity-Magnitude, Dynamics, and Control- ling Factors“, Science, nr. 296/5570, 2002, pp. 1064-1066.
4. Harwood, Buckley, 2008.
5. William B. Whitman et al., „Prokaryotes: The Unseen Majority“, Proceedings of the National Academy of Sciences, nr. 95/12, 1998, pp. 6578-6583.
6. N.J.B. Isaac et al., „Taxonomic Inflation: Its Influence on Macroecology and Conser- vation“, Trends in Ecology & evolution, nr. 19/9, 2004, pp. 464-469.
7. J. Mallet, „The Speciation R evolution“, Journal of evolutionary Biology, nr. 14/6, 2001, pp. 887-888.
8. James Mallet, „Hybridization, Ecological Races and the Nature of Species: Empiri- cal Evidence for the Ease of Speciation“, Philosophical Transactions of the Royal Society B:BiologicalSciences, nr. 363/1506, 2008, pp. 2971-2986.
9. Mayr, 1982, p. 285.
10. Ernst Mayr, „What Is a Species, and What Is Not?“, Philosophy of Science, nr. 63/2, 1996, pp. 262-277.
11. Coyne, 2004, p. 30.
12. Georgina Mace et al., „Biodiversity“, Current State & Trends: Millennium Ecosystem Assessment, 2005, pp. 87-89.
13. James Mallet, 2008.
14. Leakey, Lewin, 1996, pp. 39 şi 45.
15. Ibid., p. 45.
16. Conway Morris, 1998.
17. Jonathan Leake, John Harloe, „Origin of the Specious“, Sunday Times, News, 24 mai 2016, p. 16; Mark Henderson, „Ida, the Fossil Hailed as Ancestor of Man, «Wasn't Even a Close Relative»“, The Times, 22 octombrie 2009, p. 25.
18. Luke Harding, „History of Modern Man Unravels as German Scholar Is Exposed as Fraud“, The Guardian, 19 februarie 2005, p. 3.
19. http://www.dmp.wa.gov.au/5257.aspx, accesat la 24 martie 2010.
20. Tsu-Ming Han, Bruce Runnegar, „Megascopic Eukaryotic Algae from the 2.1-Billi- on-Year-Old Negaunee Iron-Formation, Michigan“, Science, nr.

257/5067, 1992, pp. 232-235.
21. Abderrazak El Albani et al., „Large Colonial Organisms with Coordinated Growth in Oxygenated Environments 2.1gyr Ago“, Nature, nr. 466/7302, 2010, pp. 100-104.
22. Philip C.J. Donoghue, Jonathan B. Antcliffe, „Early Life: Origins of Multicellula- rity“, Nature, nr. 466/7302, 2010, pp. 41-42.
23. A.H. Knoll et al., „Eukaryotic Organisms in Proterozoic Oceans“, Philosophical Tran- sactions ofthe Royal Society B: Biological Sciences, nr. 361/1470, 2006, pp. 1023-1038.
24. http://www.princeton.edu/main/news/archive/S28/14/71M11/index.xml7sec- tion=topstories#top, accesat la 17 august 2010.
25. „Ediacara fauna“, Encyclopwdia Britannica Online, http://www.britannica.com/ EBchecked/topic/179126/Ediacara-fauna; accesat la 12 iunie 2014.
26. http://www.simonyi.ox.ac.uk/dawkins/WorldOfDawkins-archive/Dawkins/ Work/Articles/alabama/1996-04-01alabama.shtml, accesat la 20 decembrie 2008.
27. Hans Thewissen, comunicare privată, 22 iulie 2010.
28. J.G.M. Thewissen et al., „Whales Originated from Aquatic Artiodactyls in the Eo- cene Epoch of India“, Nature, nr. 450/7173, 2007, pp. 1190-1194; J.G.M. Thewissen et al., „Developmental Basis for Hind-Limb Loss in Dolphins and Origin of the Ceta- cean Bodyplan“, Proceedings of the National Academy of Sciences, nr. 103/22, 2006, pp. 8414-8418; J.G.M. Thewissen et al., „Eocene Mammal Faunas from Northern In- do-Pakistan“, Journal of Vertebrate Paleontology, nr. 21/2, 2001, pp. 347-366.
29. Pallen, 2009, p. 83.
30. „Extinction“, McGraw-HillEncyclopedia of Science and Technology, 2005.
31. „Dinosaurs“, American Museum of Natural History, http://www.amnh.org/exhibi- tions/dinosaurs/extinction/mass.php; accesat la 29 octombrie 2008.
32. Alvarez, 1997.
33. Vezi, de exemplu, „Dinosaur extinction link to crater confirmed“, http://news.bbc. co.uk/1/hi/sci/tech/8550504.stm; accesat la 4 martie 2010.
34. Peter Schulte et al., „The Chicxulub Asteroid Impact and Mass Extinction at the Cretaceous-Paleogene Boundary“, Science, nr. 327/5970, 2010, pp. 1214-1218.
35. Vincent Courtillot, Frederic Fluteau, „Cretaceous Extinctions: The Volcanic Hypo- thesis“, Science, nr. 328/5981, 2010, pp. 973-974.
36. Gerta Keller et al., „Cretaceous Extinctions: Evidence Overlooked“, Science, nr. 328/5981, 2010, pp. 974-975.
37. J. David Archibald et al., „Cretaceous Extinctions: Multiple Causes“, Science, nr. 328/5981, 2010, p. 973.
38. Elliott, 2000; David K. Officer, „Victims of Volcanoes: Why Blame an Asteroid?“, New Scientist, nr. 1861, 1993, p. 34.
39. Eldredge, Gould, 1972.
40. Gould, 1980, p. 182.
41. Peter R. Sheldon, „Parallel Gradualistic evolution of Ordovician Trilobites“, Nature, nr. 330/6148, 1987, pp. 561-563.
42. Eldredge, 1995, pp. 70-74.
43. Alan H. Cheetham, „Tempo of evolution in a Neogene Bryozoan:

Rates of Morpho- logic Change within and across Species Boundaries“, Paleobiology, nr. 12/2, 1986, pp. 190-202.

44. Alan H. Cheetham, „Tempo of evolution in a Neogene Bryozoan: Are Trends in Single Morphologic Characters Misleading?“, Paleobiology, nr. 13/3, 1987, pp. 286296.

45. Eldredge, pp. 69-70.

46. Ayala, 2014.

47. Eldredge, Tattersall, 1982, pp. 45-46.

48. Ayala, 2014.

Pg.692

49. http://www.britannica.com/EBchecked/topic/360838/mammal, accesat la 11 ianuarie 2015.

50. Zhe-Xi Luo et al., „A Jurassic Eutherian Mammal and Divergence of Marsupials and Placentals“, Nature, nr. 476, 2011, pp. 442-445.

51. J.R. Wible et al., „Cretaceous Eutherians and Laurasian Origin for Placental Mam- mals near the K/T Boundary”, Nature, nr. 447/7147, 2007, pp. 1003-1006.

Capitolul 18

1. Charles Darwin, 1872) p. 386.

2. Gehring, 1998, pp. 207-216.

3. Tanguy Chouard, „Evolution: Revenge of the Hopeful Monster“, Nature, nr. 463, 2010, pp. 864-867.

4. Ayala, 2014.

5. Christopher M. Thomas, Kaare M. Nielsen, „Mechanisms of, and Barriers to, Hori- zontal Gene Transfer between Bacteria“, NatRev Micro, nr. 3/9, 2005, pp. 711-721.

6. Luis Boto, „Horizontal Gene Transfer in Evolution: Facts and Challenges“, Procee- dings of the Royal Society B: Biological Sciences, nr. 277/1683, 2010, pp. 819-827.

7. P.S. Soltis, „Ancient and Recent Polyploidy in Angiosperms“, New Phytologist, nr. 166/1, 2005, pp. 5-8.

8. T. Ryan Gregory, Barbara K. Mable, „Polyploidy in Animals“, în Gregory, 2005, pp. 501-502.

9. M.H. Gallardo et al., „Whole-Genome Duplications in South American Desert Ro- dents (Octodontidae)“, Biological Journal of the Linnean Society, nr. 82/4, 2004, pp. 443451.

10. Jerry A. Coyne, „Not Black and White“, Nature, nr. 396/6706, 1998, pp. 35-36.

11. http://www.gen.cam.ac.uk/research/personal/majerus/Darwiniandisciple.pdf [2004], accesat la 18 octombrie 2010.

12. T.D. Sargent et al., „The «Classical» Explanation of Industrial Melanism: Assessing the Evidence“, în Max K. Hecht, Bruce Wallace (ed.), Evolutionary Biology: vol 23, Ple- num Press, New York, 1998.

13. H.A. Cunha et al., „Riverine and Marine Ecotypes of Sotalia Dolphins are Different Species“, MarineBiology, nr. 148/2, 2005, pp. 449-457.

14. Weiner, 1994, p. 9.

15. Peter R. Grant, B. Rosemary Grant, „Genetics and the Origin of Bird Species“, Pro- ceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, nr. 94/15, 1997, pp. 7768-7775.

16. Leslie Pray, „Transposons, or Jumping Genes: Not Junk DNA?“, Nature Education, nr. 1, 2008.
17. Elizabeth Pennisi, „Encode Project Writes Eulogy for Junk DNA“, Science, nr. 337/6099, 2012, pp. 1159-1161; http://www.genome.gov/10005107, accesat la 11 aprilie 2014; ENCODE, Consortium, „Identification and Analysis of Functional Ele- ments in 1% of the Human Genome by the Encode Pilot Project“, Nature, nr. 447/7146, 2007, pp. 799-816.
18. http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/faq/compgen.shtml, accesat la 17 august 2010.
19. Matt Ridley, „The Humbling of Homo Sapiens“, The Spectator, 14 iunie 2003.
20. Vezi, de exemplu, J.P. Demuth et al., „The Evolution of Mammalian Gene Families“, PLoS One, nr. 1/1, 2006; Roy J. Britten, „Divergence between Samples of Chimpanzee and Human DNA Sequences Is 5%, Counting Indels“, Proceedings of the National Aca- demy of Sciences, nr. 99/21, 2002, pp. 13633-13635.
21. Jeffrey H. Schwartz, Bruno Maresca, „Do Molecular Clocks Run at All? A Critique of Molecular Systematics“, Biological Theory, nr. 1/4, 2006, pp. 357-371.
22. Mark A. Ragan et al., „The Network of Life: Genome Beginnings and Evolution“,
Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, nr. 364/1527, 2009, pp. 2169-2175.
23. W. Ford Doolittle, „The Practice of Classification and the Theory of Evolution, and What the Demise of Charles Darwin’s Tree of Life Hypothesis Means for Both of Them“, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, nr. 364/1527, 2009, pp. 2221-2228.

Capitolul 19

1. Sam P. Brown et al., „Social Evolution in Micro-Organisms and a Trojan Horse Approach to Medical Intervention Strategies“, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, nr. 364/1533, 2009, pp. 3157-3168.
2. B.J. Crespi, „The Evolution of Social Behavior in Microorganisms“, Trends inEcology & Evolution, nr. 16/4, 2001, pp. 178-183.
3. Stuart A. West et al., „The Social Lives of Microbes“, Annual Review of Ecology, Evolution, andSystematics, nr. 38/1, 2007, pp. 53-77.
4. James A. Shapiro, „Thinking About Bacterial Populations as Multicellular Orga- nisms“, Annual Reviews in Microbiology, nr. 52/1, 1998, pp. 81-104.
5. David C. Queller, Joan E. Strassmann, „Beyond Society: The Evolution of Organis- mality“, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, nr. 364/1533, 2009, pp. 3143-3155.
6. Joseph C. Pearson et al., „Modulating Hox Gene Functions During Animal Body Patterning“, Nat Rev Genet, nr. 6/12, 2005, pp. 893-904.
7. Jonathan Leake, „Check... Science Closes in on Intelligence Gene Test“, Sunday Times, 19 septembrie 2010. p. 13.
8. Majoritatea exemplelor referitoare la comportamentul social al insectelor sunt preluate din Francis L.W. Ratnieks, Heikki Helantera, „The Evolution of Extreme Altruism and Inequality in Insect Societies“, Philosophical

Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, nr. 364/1533, 2009, pp. 3169-3179.

9. Vezi, de exemplu, K.N. Laland et al., „From Fish to Fashion: Experimental and The- oretical Insights into the Evolution of Culture“, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, nr. 366/1567, 2011, pp. 958-968.

10. Kevin N. Laland, „Animal Cultures“, CurrentBiology, nr. 18/9, 2008, R366-R370.

11. Alex Thornton, Aurore Malapert, „Experimental Evidence for Social Transmission of Food Acquisition Techniques in Wild Meerkats“, Animal Behaviour, nr. 78/2, 2009, pp. 255-264.

12. Alex Thornton, Katherine McAuliffe, „Teaching in Wild Meerkats“, Science, nr. 313/5784, 2006, pp. 227-229; Alex Thornton, Tim Clutton-Brock, „Social Learning and the Development of Individual and Group Behaviour in Mammal Societies“,

Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, nr. 366/1567, 2011, pp. 978-987.

13. Carel van Schaik, „Orangutan Culture and Its Cognitive Consequences“, Culture Evolves, Royal Society, London, 28 iunie 2010.

14. Kevin N. Laland, „Animal Cultures“, Current Biology, nr. 18/9, 2008, R366-R370.

15. Simon M. Reader et al., „The Evolution of Primate General and Cultural Intelli- gence“, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, nr. 366/1567, 2011, pp. 1017-1027.

16. Kropotkin, 1972, pp. 30-31.

17. Ibid., p. 69.

18. Angela K. Taylor, „Living Wih Other Animals“, în Halliday, 1994, pp. 105-109.

Capitolul 20

1. Ayala, 2014.

2. Christian Schwabe, „On the Validity of Molecular Evolution“, Trends in Biochemical Sciences, nr. 11/7, 1986, pp. 280-283.

3. Jeffrey H. Schwartz, Bruno Maresca, „Do Molecular Clocks Run at All? A Critique of Molecular Systematics“, Biological Theory, nr. 1/4, 2006, pp. 357-371. Vezi R.A. Meyer (ed.), Molecular Cell Biology and Molecular Medicine, Wiley-VCH Verlag, Winheim.

4. Mark A. Ragan et al., „The Network of Life: Genome Beginnings and Evolution“,

Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, nr. 364/1527, 2009, pp. 2169-2175.

5. W. Ford Doolittle, „The Practice of Classification and the Theory of Evolution, and What the Demise of Charles Darwin's Tree of Life Hypothesis Means for Both of Them“, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, nr. 364/1527, 2009, pp. 2221-2228.

6. http://www.timetree.org/time_query.php?taxon_a=9606&taxon_b=9598, accesat la 18 august 2010.

Capitolul 21

1. Luis B. Barreiro et al., „Natural Selection Has Driven Population Differentiation in Modern Humans“, Nat Genet, nr. 40/3, 2008, pp. 340-345.
2. http://www.britannica.com/EBchecked/topic/406351/natural-selection, accesat la 14 iunie 2014.
3. „Ernst Mayr“, GaleEncyclopedia ofBiography, 2006.
4. Jeffrey H. Schwartz, Bruno Maresca, „Do Molecular Clocks Run at All? A Critique of Molecular Systematics“, Biological Theory, nr. 1/4, 2006, pp. 357-371.
5. Coyne, 2006.
6. Mayr, 2001, p. 195.
7. Peter G. Williamson, „Morphological Stasis and Developmental Constraint: Real Problems for Neo-Darwinism“, Nature, nr. 294, 1981, pp. 214-215.
8. Julie C. Dunning Hotopp et al., „Widespread Lateral Gene Transfer from Intracellu- lar Bacteria to Multicellular Eukaryotes“, Science, nr. 317/5845, 2007, pp. 1753-1756.
9. Luis Boto, „Horizontal Gene Transfer inevolution: Facts and Challenges“, Procee- dings of the Royal Society B: Biological Sciences, nr. 277/1683, 2010, pp. 819-827.
10. Michael Lynch, „The evolution of Genetic Networks by Non-Adaptive Processes“, Nat Rev Genet, nr. 8/10, 2007, pp. 803-813.
11. Matthew D. Anway et al., „Epigenetic Transgenerational Actions of Endocrine Dis- ruptors and Male Fertility“, Science, nr. 308/5727, 2005, pp. 1466-1469.
12. Eva Jablonka, Gal Raz, „Transgenerational Epigenetic Inheritance: Prevalence, Mechanisms, and Implications for the Study of Heredity and evolution“, The Quar- terly Review of Biology, nr. 84/2, 2009, pp. 131-176.
13. Stuart A. West et al., „Sixteen Common Misconceptions About theevolution of Co- operation in Humans“, Evolution andHuman Behavior, nr. 32/4, 2011, pp. 231-262.
14. Charles Darwin, 1872, p. 428.
15. Heylighen, 1999.
16. J.W. Valentine et al., „Morphological Complexity Increase in Metazoans“, Paleobio- logy, nr. 20/2, 1994, pp. 131-142.
17. Bonner, 1988, p. 5.
18. Gould, 2004.
19. Ibid.
20. Ibid.
21. R. Borowsky, H. Wilkens, „Mapping a Cave Fish Genome: Polygenic Systems and Regressive evolution“, JHered, nr. 93/1, 2002, pp. 19-21.
22. http://www.bio.sci.osaka-u.ac.jp/~hfuruya/dicyemids.html, accesat la 24 februarie 2011.
23. Simpson, 1949.
24. William Bains, „Evolutionary Paradoxes and Natural Non-Selection“, Trends in Bi- ochemicalSciences, nr. 12, 1987, pp. 90-91.
25. Nitecki, 1988.
26. Stephen Jay Gould, „On Replacing the Idea of Progress with an Operational Notion of Directionality“, în Matthew H. Nitecki (ed.), Evolutionary Progress, University of Chicago Press, Chicago; London, 1988, p. 319.
27. Bains, 1987.
28. Mayr, 1988, pp. 251-252.

29. Simpson, 1949, p. 262.
30. Huxley, 1923, p. 40.
31. Dobzhansky, 1956, p. 86.

Capitolul 22

1. Wells, 2000.
2. Behe, 2007.
3. Eldredge, 1995, pp. 64-66.
4. Niles Eldredge, Stephen J. Gould, „Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyle- tic Gradualism“, în Models in Paleobiology, Freeman Cooper, San Francisco, 1972, pp. 82-115.
5. Dawkins, 1996, pp. 250-251.
6. B. Maresca, J.H. Schwartz, „Sudden Origins: A General Mechanism of Evolution Based on Stress Protein Concentration and Rapid Environmental Change“, The Anatomical Record Part B: The New Anatomist, nr. 289B/1, 2006, pp. 38-46.
7. G. Ledyard Stebbins, Francisco J. Ayala, „Is a New Evolutionary Synthesis Neces- sary?“, Science, nr. 213/4511, 1981, pp. 967-971.
8. Peter G. Williamson, „Morphological Stasis and Developmental Constraint: Real Problems for Neo-Darwinism“, Nature, nr. 294, 1981, pp. 214-215.
9. Kimura, 1983.
10. H. Allen Orr, „Testing Natural Selection“, Scientific American, nr. 300, 2009, pp. 44-51.
11. Masanori Kasahara, „The 2R Hypothesis: An Update“, Current Opinion in Immuno- logy, nr. 19/5, 2007, pp. 547-552.
12. Neil Shubin et al., „Deep Homology and the Origins of Evolutionary Novelty“, Nature, nr. 457/7231, 2009, pp. 818-823.
13. Conway Morris, 2005.
14. Stuart A. Kauffman, „Antichaos and Adaptation“, Scientific American, 1991, pp. 7884 şi Kauffman, 1996.
15. Eugene V. Koonin, „Are There Laws of Genome Evolution?“, PLoS Comput Biol, nr. 7/8, 2011, e1002173.
16. Shapiro, 2011.
17. Noble, 2006, p. 21.
18. Sydney Brenner, „Sequences and Consequences“, Philosophical Transactions of the RoyalSociety B:BiologicalSciences, nr. 365/1537, 2010, pp. 207-212.
19. Lovelock, 1991, p. 99.
20. Sheldrake, 2009, pp. 222-229.

Capitolul 23

1. Wilson, 2000.
2. Charles Darwin, 1882, pp. 131-132.
3. Williams, 1996, p. 93.
4. Ibid., p. vii.
5. J.B.S. Haldane, „Population Genetics“, New Biology, nr. 18, 1955, pp. 34-51.
6. W.D. Hamilton, „The Genetical Evolution of Social Behaviour“, Journal

of Theoreti- cal Biology, nr. 7/1, 1964, pp. 1-16.
7. Harman, 2010.
8. David Sloan Wilson, Edward O. Wilson, „Survival of the Selfless“, New Scientist, 3 noiembrie 2007.
9. Robert L. Trivers, „The Evolution of Reciprocal Altruism“, The Quarterly Review of Biology, nr. 46/1, 1971, pp. 35-57.
10. Gerald S. Wilkinson, „Reciprocal Food Sharing in the Vampire Bat“, Nature, nr. 308/5955, 1984, pp. 181-184; Gerald S. Wilkinson, „The Social Organization of the Common Vampire Bat“, Behavioral Ecology and Sociobiology, nr. 17/2, 1985, pp. 123134.
11. Vezi http://harvardmagazine.com/2010/08/harvard-dean-details-hauser-scientific- misconduct, accesat la 20 august 2010; http://www.thecrimson.com/article/2010/ 9/14/hauser-lab-research-professor/?page=single, accesat la 14 septembrie 2010; şi http://grants.nih.gov/grants/guide/notice-files/NOT-OD-12-149.html, „Findings of Research Misconduct“, accesat la 10 septembrie 2012.
12. Marc Hauser et al., „Evolving the Ingredients for Reciprocity and Spite“, Philosophi- cal Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, nr. 364/1533, 2009, pp. 32553266.
13. Stuart A. West et al., „Sixteen Common Misconceptions About the Evolution of Cooperation in Humans“, Evolution andHumanBehavior, nr. 32/4, 2011, pp. 231-262.
14. Andy Gardner et al., „Spiteful Soldiers and Sex Ratio Conflict in Polyembryonic Pa- rasitoid Wasps“, The American Naturalist, nr. 169/4, 2007, pp. 519-533.
15. Edward O. Wilson, „One Giant Leap: How Insects Achieved Altruism and Colonial Life“, BioScience, nr. 58/1, 2008, pp. 17-25.
16. Dawkins, 1989, p. 2.
17. Ibid., p. 87.
18. Ibid., p. 2.
19. Ibid., pp. 265-266.
20. Ibid., p. 248.
21. Richard Dawkins, „It’s All in the Genes“, Sunday Times, 19 martie 2006; cărţile 4344.
22. Dawkins, 1989, p. 45.
23. Ibid., p. 88.
24. Ibid., pp. 264-266.
25. Koslowski, 1999, p. 308.
26. Gould, 2002, p. 614.
27. Dawkins, 1989, p. 37.
28. Ibid., p. 36.
29. Ibid., p. 105.
30. Ibid., p. 140.
31. Ibid., p. 101.
32. Richard Dawkins, „The Genius of Charles Darwin, Episode 2“, The Genius of Charles Darwin, Channel 4, 4 octombrie 2009.
33. Roughgarden, 2009.
34. Richard Dawkins, „Genes Still Central“, New Scientist, 15 decembrie 2007.
35. T. Clutton-Brock et al., „The Evolution of Society“, Philosophical Transactions of the RoyalSociety B:BiologicalSciences, nr. 364/1533, 2009, pp.

3127-3133.
36. Kropotkin, 1978, p. 69.
37. Margulis, 1970.
38. Lynn Margulis et al., „«Imperfections and Oddities» in the Origin of the Nucleus“, Paleobiology, nr. 31 (sp5), 2005, pp. 175-191, şi comunicări private, 8 august-3 octombrie 2011.
39. Dick Teresi, „Lynne Margulis“, DiscoverMagazine, aprilie 2011, pp. 66-71.
40.http://whyevolutionistrue.wordpress.com/2011/04/12/lynn-margulis-disses-evo- lution-in-discover-magazine-embarrasses-both-herself-and-the-field/, accesat la 12 aprilie 2011.
41. W. Ford Doolittle, „Uprooting the Tree of Life“, Scientific American, nr. 282, 2000, pp. 90-95.

Capitolul 24

1. Conway Morris, pp. 197-200.
2. Chomsky, 2006.
3. Tomasello, 2003.
4. Simon M. Reader, Kevin N. Laland, „Social Intelligence, Innovation, and Enhanced Brain Size in Primates“, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, nr. 99/7, 2002, pp. 4436-4441.
5. Frederico A.C. Azevedo et al., „Equal Numbers of Neuronal and Nonneuronal Cells Make the Human Brain an Isometrically Scaled-up Primate Brain“, The Journal of ComparativeNeurology, nr. 513/5, 2009, pp. 532-541.
6. Keith Kendrick, „Understanding the Brain: A Work in Progress“, Gresham College Lecture, Londra, 22 noiembrie 2010.
7. R.O. Deaner et al., „Overall Brain Size, and Not Encephalization Quotient, Best Pre- dicts Cognitive Ability across Non-Human Primates“, Brain, Behavior and Evolution, nr. 70/2, 2007, pp. 115-124.
8. Marta Mirazon Lahr, „African Origins - the Morphological and Behavioural Evi- dence of Early Humans in Africa“, Human Evolution, Migration and History Revealed by Genetics, Immunity and Infection, Royal Society, Londra, 6 iunie 2011.
9. Pierre Jolicoeur et al., „Brain Structure and Correlation Patterns in Insectivora, Chi- roptera, and Primates“, SystematicZoology, nr. 33/1, 1984, pp. 14-29.

PARTEA A TREIA Capitolul 26

1. Stringer, 2011, p. 28.
2. Morris, 1986.
3. Richard E. Green et al., „A Draft Sequence of the Neandertal Genome“, Science, nr. 328/5979, 2010, pp. 710-722.
4. Lynn B. Jorde, Stephen P. Wooding, „Genetic Variation, Classification and ‘Race’“, Nat Genetics, nr. 36, 2004, pp. 528-533.
5. Robin Derricourt, „Getting ‘out of Africa’: Sea Crossings, Land Crossings and Culture in the Hominin Migrations“, Journal of World Prehistory, nr. 19/2, 2005, pp. 119-132.
6. Mark Stoneking, „Human Origins“, EMBO Reports, nr. 9, S1, S46-S50, 2008.

7. Stringer, 2011, pp. 33-44.
8. R.L. Cann et al, „Mitochondrial DNA and Human Evolution“, Nature, nr. 325/6099, 1987, pp. 31-36.
9. Stringer, 2011, pp. 23-24.
10. Fulvio Cruciani et al., „A Revised Root for the Human Y Chromosomal Phylogenetic Tree: The Origin of Patrilineal Diversity in Africa“, The American Journal of Human Genetics, nr. 88/6, 2010, pp. 814-818.
11. P.A. Underhill et al., „The Phylogeography of Y Chromosome Binary Haplotypes and the Origins of Modern Human Populations“, Annals of Human Genetics, nr. 65/1, 2001, pp. 43-62.
12. http://web.archive.org/web/20070706095314/http://www.janegoodall.com/chimp_ central/default.asp, accesat la 8 decembrie 2011.
13. „Bonobo“, The Columbia Electronic Encyclopedia, Sixth Edition, Columbia University Press, 2011, accesat la 8 decembrie 2011; http://www.britannica.com/EBchecked/ topic/73224/bonobo, accesat la 16 ianuarie 2012.
14. Michel Brunet et al., „New Material of the Earliest Hominid from the Upper Miocene of Chad“, Nature, nr. 434/7034, 2005, pp. 752-755; Christoph P.E. Zollikofer et al., „Virtual Cranial Reconstruction of Sahelanthropus Tchadensis“, Nature, nr. 434/7034, 2005, pp. 755-759.
15. Henke et al, 2007.
16. T.D. White, „Human Origins and Evolution: Cold Spring Harbor, Deja Vu“, Cold Spring HarborSymposia on Quantitative Biology, 2009; C. Owen Lovejoy, „Reexamining Human Origins in Light of Ardipithecus Ramidus“, Science, nr. 326/ 5949, 2009, pp. 74, 74e1-74e8.
17. Robyn Pickering et al., „Australopithecus Sediba at 1.977 Ma and Implications for the Origins of the Genus Homo“, Science, nr. 333/6048, 2011, pp. 1421-1423.
18. Fred Spoor, „Palaeoanthropology: Malapa and the Genus Homo“, Nature, nr. 478/7367, 2011, pp. 44-45.
19. Meave G. Leakey et al., „New Fossils from Koobi Fora in Northern Kenya Confirm Taxonomic Diversity in Early Homo“, Nature, nr. 488/7410, 2012, pp. 201-204.
20. David Reich et al., „Genetic History of an Archaic Hominin Group from Denisova Cave in Siberia“, Nature, nr. 468/7327, 2010, pp. 1053-1060.
21. Richard E. Green et al., „A Draft Sequence of the Neandertal Genome“, Science, nr. 328/5979, 2010, pp. 710-722.
22. „Mousterian“, The Concise Oxford Dictionary of Archaeology, Oxford University Press, 2003.
23. João Zilhão et al., „Symbolic Use of Marine Shells and Mineral Pigments by Iberian Neandertals“, Proceedings of the National Academy of Sciences, nr. 107/3, 2010, 1023-1028.
24. P. Brown et al, „A New Small-Bodied Hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia“, Nature, nr. 431/7012, 2004, pp. 1055-1061.
25. P. Brown, T. Maeda, „Liang Bua Homo Floresiensis Mandibles and Mandibular Teeth: A Contribution to the Comparative Morphology of a New Hominin Species“, Journal of Human Evolution, nr. 57/3, 2009, pp. 571-596.
26. David Reich et al., „Genetic History of an Archaic Hominin Group from Denisova Cave in Siberia“, Nature, nr. 468/7327, 2010, pp. 1053-1060.
27. Tim D. White et al., „Pleistocene Homo Sapiens from Middle Awash, Ethiopia“, Nature, nr. 423/6941, 2003, pp. 742-747.

28. John G. Fleagle et al., „Paleoanthropology of the Kibish Formation, Southern Ethio- pia: Introduction“, Journal of Human Evolution, nr. 55/3, 2008, pp. 360-365.

29. „Paleolithic“, McGraw-HillEncyclopedia of Science and Technology, 2005.

30. Paul Gerard Bahn, „Stone Age“, Microsoft Encarta Online Encyclopedia, 2005, http:// uk.encarta.msn.com/.

31. Stringer, 2011, pp. 125-126.

32. Kyle S. Brown et al., „Fire as an Engineering Tool of Early Modern Humans“, Science, nr. 325/5942, 2009, pp. 859-862.

33. Steven R. James, „Hominid Use of Fire in the Lower and Middle Pleistocene“, Current Anthropology, nr. 30/1, 1989, pp. 1-26.

34. http://www.wits.ac.za/academic/research/ihe/archaeology/blombos/7106/blombos- cave.html, accesat la 1 februarie 2012.

35. Botha, Knight, 2009; Christopher S. Henshilwood et al., „Emergence of Modern Hu- man Behavior: Middle Stone Age Engravings from South Africa“, Science, nr. 295/5558, 2002, pp. 1278-1280; Francesco d'Errico et al., „Additional Evidence on the Use of Personal Ornaments in the Middle Paleolithic of North Africa“, Proceedings of the National Academy of Sciences, nr. 106/38, 2009, pp. 16.051-16.056.

36. D'Erico et al, 2009.

37. Richard G. Roberts et al, „The Human Colonisation of Australia: Optical Dates of 53,000 and 60,000 Years Bracket Human Arrival at Deaf Adder Gorge, Northern Terri- tory“, Quaternary Science Reviews, nr. 13/5, 1994, pp. 575-583.

38. Bahn, 2005.

39. Stringer, 2011, p. 126.

40. James M. Bowler et al., „New Ages for Human Occupation and Climatic Change at Lake Mungo, Australia“, Nature, nr. 421/6925, 2003, pp. 837-840.

41. Zach Zorich, „A Chauvet Primer“, Archaeology, nr. 64/2, 2011.

42. Michael Balter, „Going Deeper into the Grotte Chauvet“, Science, nr. 321/5891, 2008, pp. 904-905.

43. Michael Balter, „Paintings in Italian Cave May Be Oldest Yet“, Science, nr. 290/5491, 2000, pp. 419-421.

44. http://www.lascaux.culture.fr/#/en/04_00.xml, accesat la 1 februarie 2012.

45. Multe dintre sculpturi au fost expuse într-o expoziţie de la British Museum, „Ice Age Art: Arrival of the Modern Mind“, vizitată la 17 mai 2013. Vezi şi Cook, 2013, şi Nicholas J. Conard, „A Female Figurine from the Basal Aurignacian of Hohle Fels Cave in Southwestern Germany“, Nature, nr. 459/7244, 2009, pp. 248-252.

46. Achim Schneider, „Ice-Age Musicians Fashioned Ivory Flute“, Nature News, 2004. http://www.nature.com/news/2004/041217/full/news041213-14.html, accesat la 28 ianuarie 2012; Stringer, 2011, pp. 119-120.

47. Colin Renfrew et al., „Introduction. The Sapient Mind: Archaeology Meets Neuro- science“, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, nr. 363/1499, 2008, pp. 1935-1938.

48. Department of Arts of Africa, Oceania, and the Americas, The Metropolitan Museum of Art, 2000. http://www.metmuseum.org/toah/hd/apol/hd_apol.htm, accesat la 15 decembrie 2011.

49. http://www.abc.net.au/news/2010-05-31/megafauna-cave-painting-could-be-40000- years-old/847564, accesat la 15 decembrie 2011.

50. http://whc.unesco.org/en/list/925/, accesat la 15 decembrie 2011.

51. Wolfgang Enard et al., „Molecular Evolution of FOXP2, a Gene Involved in Speech and Language“, Nature, nr. 418/6900, 2002, pp. 869-872.

52. Weiguo Shu et al., „FOXP2 and FOXP1 Cooperatively Regulate Lung and Esophagus Development“, Development, nr. 134/10, 2007, pp. 1991-2000.

53. Printre surse se numără Stringer, 2011; Francesco d'Errico, Chris B. Stringer, „Evolution, Revolution or Saltation Scenario for the Emergence of Modern Cultures?“, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, nr. 366/1567, 2011, pp. 1060-1069; Colin Renfrew et al., 2008; Richard E. Green et al., 2010; Richard G. Klein et al., „The Ysterfontein 1 Middle Stone Age Site, South Africa, and Early Human Exploitation of Coastal Resources", Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, nr. 101/16, 2004, pp. 5708-5715; Sally McBrearty, Alison S. Brooks, „The Revolution That Wasn't: A New Interpretation of the Origin of Modern Human Behavior“, Journal ofHuman Evolution, nr. 39/5, 2000, pp. 453-563; Tuttle, 2014.

54. Sally McBrearty, Nina G. Jablonski, „First Fossil Chimpanzee“, Nature, nr. 437/7055, 2005, pp. 105-108.

55. Mark Maslin et al., „A Changing Climate for Human Evolution“, Geotimes, septembrie 2005. http://www.geotimes.org/sept05/feature_humanclimateevolution.html, accesat la 17 iunie 2014.

56. www.smithsonianmag.com/arts-culture/Q-and-A-Rick-Potts.html, accesat la 31 ianuarie 2012.

Capitolul 27

1. John Hawks et al., „Recent Acceleration of Human Adaptive Evolution“, Proceedings of the National Academy of Sciences, nr. 104/52, 2007, pp. 20.753-20.758.

2. Lynn B. Jorde, Stephen P. Wooding, „Genetic Variation, Classification and 'Race'“, Nat Genetics, nr. 36, 2004, pp. 528-533.

3. Steve Jones, „Is Human Evolution Over?“, UCL Lunchtime Lecture, 25 octombrie 2008, Londra.

4. Keeley, 1996.

5. LeBlanc, Register, 2003.

6. Hill, Hurtado, 1996.

7. http://www.survivalinternational.org/tribes, accesat la 4 mai 2014.

8. http://www.britannica.com/EBchecked/topic/302707/Jericho, accesat la 4 mai 2014.

9. TheRevisedEnglishBible, Joshua 6:1-27.

10. Fagan, 2004.

11. Ibid.; Kuhrt, 1995.

12. E. Jan Wilson, „Inside a Sumerian Temple: The Ekishnugal at Ur“, Donald W. Parry, Stephen David Ricks (eds), The Temple in Time and Eternity, Foundation for Ancient Research and Mormon Studies at Brigham Young University, Provo, Utah, 1999; Gavin White, comunicare personală la 22 şi 27 iunie 2012.

13. În afara surselor specificate, informaţiile despre Egiptul antic au fost preluate din http://www.digitalegypt.ucl.ac.uk/, accesat la 24 mai 2012, şi

Romer, 2012.

14. Van de Mieroop, 2011, pp. 163-164.

15. „Stonehenge“, The Concise Oxford Dictionary of Archaeology, Oxford University Press, 2003; „Stonehenge“, The Columbia Electronic Encyclopedia, Sixth Edition, Columbia University Press, 2012.

16. Neil Oliver, „Orkney’s Stone Age Temple“, A History of Ancient Britain, BBC HD TV, 1 ianuarie 2012; Rosie Kinchen, „Temple Discovery Rewrites Stone Age“, Sunday Times, 1 ianuarie 2012, News, p. 10; http://www.scotsman.com/news/cathedral-as-old-as-sto- nehenge-unearthed-1-764826, accesat la 13 august 2009.

17. Eogan, 1986; O’Kelly, 1991; şi vizita autorului din 1993.

18. Printre surse se numără Possehi, 1996; Allchin, Allchin, 1997; „Indus valley civiliza- tion“, The Columbia Electronic Encyclopedia, Sixth Edition, Columbia University Press, 2012; http://www.infinityfoundation.com/mandala/history_overview_frameset. htm, accesat la 27 mai 2012.

19. Vezi, de exemplu: http://www.hindunet.org/hindu_history/ancient/mahabharat/ mahab_vartak.html, accesat la 27 mai 2012.

20. Printre surse se numără Lagerwey, Kalinowski, „Anyang“, 2009, The Concise Oxford Dictionary of Archaeology, Oxford University Press, 2003; http://www.britannica.com/ EBchecked/topic/114678/Zhou-dynasty, accesat la 5 mai 2014.

21. Department of Asian Art. „Neolithic Period in China“, Heilbrunn Timeline ofArt History, The Metropolitan Museum of Art, New York. http://www.metmuseum.org/toah/ hd/cneo/hd_cneo.htm, octombrie 2004.

22. Printre surse se numără Alonzo, 1995; Morales, 1993; Davies, 1990; şi vizitele autorului în 1996 şi 1997.

23. Crystal, 1987.

24. Maria del Carmen Rodriguez Martinez et al., „Oldest Writing in the New World“, Science, nr. 313/5793, 2006, pp. 1610-1614.

25. Ruggles, 2005, pp. 133-134.

26. Hawkins, White, 1971.

27. O’Kelly, 1991.

28. Melville, 2005; Nissen et al., 1993; White, 2008; Eleanor Robson, „Words and Pictures: New Light on Plimpton 322“, American Mathematical Monthly, 2002, pp. 105-120.

29. http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/~history/HistTopics/Indian_sulbasutras.html, accesat la 29 mai 2012.

30. Subhash C. Kak, „Archaeoastronomy and Literature“, Current Science, nr. 73/7, 1997, pp. 624-627; S.C. Kak, „The Astronomy of the Age of Geometric Altars“, Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society, nr. 36/4, 1995, pp. 385-395.

31. „Chinese astronomy“, Dictionary of Astronomy, John Wiley & Sons, Inc. Wiley-Black- well, 2004.

32. Needham, Wang, 1959; Needham, Ronan, 1978.

33. Magli, 2009, pp. 172-182.

34. Gabrielle Vail, Christine Hernandez, The Maya Codices Database, Version 3.0., 2011, http://www.mayacodices.org, accesat la 18 august 2012.

35. „Akhenaten“, GaleEncyclopedia of Biography, 2006.

36. The Upanishads, 1987, pp. 7-11; Smart, 1992, pp. 53-55.

37. Lagerwey, Kalinowski, 2009, pp. 4-34.

38. Alonzo, 1995, pp. 266-268.

39. TheRevisedEnglishBible, 2 Kings 17.
40. Ibid., Exodus 7-12.
41. Ibid., Ezekiel 1.
42. Ibid., Isaiah 6:1-7.
43. Ibid., Daniel 8:15-26 şi 9:20-27.
44. Ibid., Daniel 10:1-21.
45. Ibid., Job 1:6-22 şi 2:1-7.

Capitolul 28

1. Russell, 1946, p. 21.
2. Anthony Quinton, „History of Centres and Departments of Philosophy“, 1995, Ted Honderich (ed.), The Oxford Companion to Philosophy, Oxford University Press, Oxford, 1995, pp. 670-672.
3. Printre sursele pentru această secţiune se numără The Upanishads, 1987; Nagler, 1987; The Upanishads, 1884; The Ten Principal Upanishads, 1938; Honderich, 1995; Smart, 1992; şi vizita de două săptămâni la Mandala Yoga Ashram (Director, Swami Nishchala- nanda Saraswati), 2002.
4. Apud Nagler, 1987, p. 300.
5. The Upanishads, 1987, p. 21.
6. Nagler, 1987, p. 253.
7. Jitendra Nath Mohanty, „Philosophy, Indian“, Microsoft Encarta Online Encyclopedia, 2005. http://uk.encarta.msn.com.
8. Arindam Chakrabarti, „Indian Philosophy“, The Oxford Companion to Philosophy, 1995, pp. 401-404.
9. David Frawley, comunicare privată, 1 martie 2004.
10. Apud Nagler, 1987, p. 256.
11. Printre sursele pentru această secţiune se numără Confucius, 1893; Zhuangzi, 1891; Riegel, 2012; Kwong-loi Shun, „Taoism“, The Oxford Companion toPhilosophy, 1995, pp. 864-865; Fraser, 2012; Hansen, 2012; „Confucianism“, The Columbia Electronic Ency- clopedia, Sixth Edition, Columbia University Press, 2012; Smart, 1992, pp. 103-114; Capra, 2000, pp. 101-118.
12. Confucius, 1893, 15:24.
13. Zhuangzi, 1891, 22:5.
14. Printre sursele pentru această secţiune se numără Russell, 1946, pp. 10-101; Gottlieb, 2001, pp. 1-108; O'Grady, 2006; Couprie, 2006; Curd, 2012; E.L. Hussey, „Heraclitus of Ephesus“, The Oxford Companion to Philosophy, 1995, pp. 351-352; C.C.W. Taylor, „Sophists“, The Oxford Companion to Philosophy, 1995, pp. 839-840.
15. Russell, 1946, p. 37.
16. Printre sursele pentru această secţiune se numără The Revised English Bible; Armstrong, 2006.
17. Printre sursele pentru această secţiune se numără Arindam Chakrabarti, „Indian Philosophy“, The Oxford Companion to Philosophy, 1995, pp. 401-404; Frawley, 1992; Batchelor, 1998; Bronkhorst, 2011; Keown, 2003; Mohanty, 2005; Smart, 1992, pp. 55-102; Pauling, 1997; Shun, 1995; şi o izolare de nouă zile pentru studiu şi meditaţie la Buddhist Gaia House, Devon, condusă de Stephen Batchelor şi Martina Batchelor, câteva meditaţii îndrumate de o zi la Gaia House London şi cursuri şi meditaţii îndrumate la North London Buddhist Centre.

18. Gombrich, 2006. p. 8.
19. Printre sursele pentru această secţiune se numără Hansen, 2012; Fraser, 2012; Smart, 1992, pp. 103-129.
20. Printre sursele pentru această secţiune se numără Gottlieb, 2001, pp. 131-431; Russell, 1946, pp. 102-510; Plato, 1965; Shields, 2012; David Charles, „Aristotelianism“, The Oxford Companion to Philosophy, 1995, pp. 50-51.
21. Apud Gottlieb, 2001, p. 131 [trad. rom. preluată din Platon, Banchetul sau Despre iubire, trad., studiu introductiv şi note de Petru Creţia, Editura Humanitas, Bucureşti, 2011, p. 164].
22. Marcus Aurelius, Meditations VII, 28, apud Gottlieb, 2001, p. 314.
23. Plotinus, 2010, VI, 9th Tractate, 10 [trad. rom. preluată din Plotin, Opere, vol. I, trad., lămuriri preliminare şi note de Andrei Cornea, Editura Humanitas, Bucureşti, 2003, p. 308 - n. red.].
24. Ibid., VI, 9th Tractate, 11 [trad. rom. preluată din Plotin, Enneade, în Opere, ed. cit., p. 311 - n. red.].
25. Anthony Quinton, „History of Centres and Departments of Philosophy“, The Oxford Companion toPhilosophy, 1995, pp. 670-672.

Capitolul 29

1. Roberts, 1989, pp. 75-81.
2. Apud Stachel, 2002, p. 89.
3. Ni, 1995.
4. F. Jamil Ragep, „Copernicus and His Islamic Predecessors: Some Historical Remarks“, History of Science, nr. 45, 2007, pp. 65-81; George Saliba, „Whose Science is Arabic Science în Renaissance Europe?“, 2007. http://www.columbia.edu/~gas1/project/ visions/case1/sci.1.html#t1, accesat la 30 noiembrie 2012.
5. Gottlieb, 2001, p. 386.
6. Ibid., pp. 402-403.
7. Albert Van Helden, 1995. http://galileo.rice.edu/sci/instruments/telescope.htmlt4, accesat la 11 mai 2014.
8. Gottlieb, 2001, p. 414.
9. http://www.eso.org/public/teles-instr/e-elt.html, accesat la 8 martie 2013.
10. Munim M Al-Rawi, „The Contribution of Ibn Sina (Avicenna) to the Development of Earth Sciences", FoundationforScience Technology and Civilisation, 2002. http://www. muslimheritage.com/uploads/ibnsina.pdf, accesat la 11 mai 2014.
11. Sherwin B. Nuland, „Bad Medicine“, New York Times, 8 iulie 2007, Book Review.
12. Crick, 1995, p. 3.
13. V.S. Ramachandran, Colin Blakemore, „Consciousness“, The Oxford Companion to the Body, Oxford University Press, Oxford, 2003.
14. Leda Cosmides, John Tooby, „Evolutionary Psychology: A Primer“, 1997. http://www. cep.ucsb.edu/primer.html, accesat la 30 ianuarie 2013.
15. Cosmides, Tooby, 1997; Wright, 1996.
16. Vezi, de exemplu, Ferren MacIntyre, Kenneth W. Estep, „Sperm Competition and the Persistence of Genes for Male Homosexuality“, Biosystems, nr. 31, 1993/2-3, pp. 223-233.
17. Price, 1965.

18. Peder Larsen, Markus Ins, „The Rate of Growth în Scientific Publication and the Decline în Coverage Provided by Science Citation Index“, Scientometrics, nr. 84/3, 2010, pp. 575-603.
19. „Life Expectancy“, Gale Encyclopedia of American History, 2006.
20. Wilson, 1998, pp. 40-41.
21. Bohm, 1980, p. 134 [D. Bohm, Plenitudinea lumii şi ordinea ei, trad. H.-R. Patapievici, Humanitas, Bucureşti, 1995, p. 200 - n. red.].
22. Schrodinger, 1964.
23. Apud Braden, 2008, p. 212, din conferinţa „Das Wesen der Materie“ ţinută de Planck în 1944 la Florenţa.
24. Capra, 2000, p. 25.

Capitolul 30

1. Roth, 2001, p. 555.
2. K. Pollard, „What Makes Us Human?“, Scientific American Magazine, nr. 300/5, 2009, pp. 44-49.
3. http://www.janegoodall.org/chimpanzees/tool-use-hunting-other-discoveries, accesat la 11 mai 2013.
4. Pinker, 2000, pp. 367-374.
5. Anne-Marie Guihard-Costa, Fernando Ramirez-Rozzi, „Growth of the Human Brain and Skull Slows Down at About 2.5 Years Old“, ComptesRendusPalevol, nr. 3/5, 2004, pp. 397-402.
6. Paul Patton, „One World, Many Minds: Intelligence in the Animal Kingdom“, Scientific American Mind, decembrie 2008, pp. 72-79.
7. Julio Mercader et al., „4,300-Year-Old Chimpanzee Sites and the Origins of Percussive Stone Technology“, Proceedings of the National Academy of Sciences, nr. 104/9, 2007, pp. 3043-3048.

Capitolul 31

1. http://www.pepysdiary.com/diary/1660/10/, accesat la 31 martie 2012.
2. http://www.deathpenaltyinfo.org/states-and-without-death-penalty, accesat la 13 mai 2014.
3. Pinker, 2012, pp. 62-63.
4. http://www.pugwash.org/about/manifesto.htm, accesat la 1 aprilie 2013.
5. http://coursesa.matrix.msu.edu/~hst306/documents/indust.html, accesat la 1 aprilie 2013.
6. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/peace/laureates/2012/, accesat la 31 martie 2012.
7. Vezi, de exemplu, http://www.iranhrdc.org/english/publications/reports/3401-sur- viving-rape-in-iran-s-prisons.html#.UVn_jHD5hhK, accesat la 1 aprilie 2013.
8. Kropotkin, 1972, p. 114.
9. Cannadine, 2013.
10. Kropotkin, 1972, pp. 113-140.
11. Pentru originile şi dezvoltarea mişcării cooperative, vezi Hands, 1975, pp. 13-28.
12. http://ica.coop/en, accesat la 23 martie 2013.

13. http://ica.coop/en/whats-co-op/co-operative-facts-Figurile, accesat la 25 martie 2013.
14. http://www.itu.int/ITU-D/ict/facts/2011/material/ICTFactsFigures2011.pdf, accesat la 5 aprilie 2013.
15. http://www.ericsson.com/news/1775026, accesat la 7 aprilie 2014.
16. Vezi, de exemplu, http://www.hrw.org/news/2013/04/25/bangladesh-trage- dy-shows-urgency-worker-protections, accesat la 25 aprilie 2013.
17. Teilhard de Chardin, 1965; Huxley, 1965.

PARTEA A PATRA Capitolul 32

1. Jimo Borjigin et al., „Surge of Neurophysiological Coherence and Connectivity in the Dying Brain“, Proceedings of the National Academy of Sciences, 12 august 2013.
2. Sam Parnia et al, „AWARE - AWAreness During Resuscitation - a Prospective Study“, Resuscitation, nr. 85/12, 2014, pp. 1799-1805.
3. Beauregard, 2012, p. 10.
4. M.A. Persinger et al., „Remote Viewing with the Artist Ingo Swann: Neuropsycholo- gical Profile, Electroencephalographic Correlates, Magnetic Resonance Imaging (MRI), and Possible Mechanisms“, Perceptual and Motor Skills, nr. 94/3, 2002, pp. 927949.
5. Targ, 2012.
6. Radin, 2009.
7. Radin, 2006.
8. Erich Flammer, Walter Bongartz, „On the Efficacy of Hypnosis: A Meta-Analytic Study“, Contemporary Hypnosis, nr. 20/4, 2003, pp. 179-197.
9. Vezi, de exemplu, declaraţia publicată în 1995 de National Institute for Health, „In- tegration of Behavioral & Relaxation Approaches into the Treatment of Chronic Pain & Insomnia“, http://consensus.nih.gov/1995/1995BehaviorRelaxPainInsomniata- 017PDF.pdf.
10. Carles Grau et al., „Conscious Brain-to-Brain Communication in Humans Using Non-Invasive Technologies", PLoS One, nr. 9/8, 2014, e105225.
11. Daniele Fanelli, „How Many Scientists Fabricate and Falsify Research? A Systematic Review and Meta-Analysis of Survey Data“, PLoS One, nr. 4/5, 2009, e5738.
12. Alexander G. Huth et al., „A Continuous Semantic Space Describes the Representa- tion of Thousands of Object and Action Categories across the Human Brain“, Neuron, nr. 76/6, 2012, pp. 1210-1224.
13. http://www.ucl.ac.uk/news/news-articles/1009/10091604 16, septembrie 2010.
14. Ellis, 2002, capitolul 8.

BIBLIOGRAFIE

Anul specificat între paranteze reprezintă data de apariţie a ediţiei consultate. Acolo unde este cazul, am menţionat la capătul titlului şi data de apariţie a primei ediţii.

Adams, Fred, Greg Laughlin (1999), The Five Ages of the

Universe: Inside the Physics of Eternity, Free Press, New York.

Ahmed, Akbar S. (2007), Journey into Islam: The Crisis of Globalization, Brookings Institution Press, Washington, DC.

Allchin, Bridget, F. Raymond Allchin (1997), Origins of a Civilization: The Prehistory and Early Archaeology of South Asia, Viking, New Delhi.

Alonzo, Gualberto Zapata (1995), An Overview of the Mayan World 1993, Ediciones Alducin, Merida.

Alvarez, Walter (1997), TRex and the CraterofDoom, Princeton University Press, Princeton, NJ.

Armstrong, Karen (2006), The Great Transformation: The World in the Time of Buddha, Socra- tes, Confucius and Jeremiah, Atlantic, Londra.

Arp, Halton C. (1998), Seeing Red: Redshifts, Cosmology and Academic Science, Apeiron, Mon- treal.

Ayala, Francisco J. (2014), „Evolution“, Encyclopadia Britannica Online, http://www.britan- nica.com/EBchecked/topic/197367/evolution; accesat la 7 aprilie 2014.

Barrow, John D., Frank J. Tipler (1996), The Anthropic Cosmological Principle 1986, Oxford University Press, Oxford.

Batchelor, Stephen (1998), Buddhism Without Beliefs: A Contemporary Guide to Awakening 1997, Bloomsbury, Londra.

Beauregard, Mario (2012), Brain Wars: The Scientific Battle Over the Existence of the Mind and the Proof That Will Change the Way We Live OurLives, HarperOne, New York.

Behe, Michael J. (1996), Darwin's Black Box: The Biochemical Challenge to Evolution, The Free Press, New York; Londra.

— (2007), The Edge of Evolution: The Searchfor the Limits of Darwinism, Free Press, New York.

Bohm, David (1980), Wholeness and the Implicate Order, Routledge and Kegan, Londra.

Bonner, Paul, John Tyler (1988), The Evolution of Complexity by Means of Natural Selection, Princeton University Press, Princeton, NJ.

Botha, Rudolf P., Chris Knight (2009), The Cradle of Language, Oxford University Press, Oxford.

Braden, Gregg (2008), The Spontaneous Healing ofBelief Shattering the Paradigm of False Limits, Hay House, Londra.

Braibant, Sylvie, et al. (2012), Particles and Fundamental Interactions: An Introduction to Parti- cle Physics, Springer, Dordrecht; Londra.

Bronkhorst, Johannes (2011), Buddhism in the Shadow of Brahmanism, Brill, Leiden. Bryson, Bill (2004), A ShortHistory of Nearly Everything 2003, Black Swan, Londra. Buddha, The (1997),

Anguttara Nikaya, trad. Thanissaro Bhikku, http://www.accesstoinsight.org/tipitaka/an/index.html - an04.077.than.

Cairns-Smith, A.G. (1990), Seven Clues to the Origin of Life: A Scientific Detective Story 1985, Cambridge University Press, Cambridge.

Cannadine, David (2013), The UndividedPast: Humanity Beyond OurDifferences, Allen Lane, Londra.

Capra, Fritjof (1997), The Web of Life: A New Synthesis ofMind and Matter 1996, Flamingo, Londra.

— (2000), The Tao ofPhysics: An Exploration of the Parallels between Modern Physics and Eastern
Mysticism 1975, Shambhala, Boston.

Chang, Raymond (2007), Chemistry, McGraw-Hill Higher Education, Boston, MA; Londra. Chomsky, Noam (2006), Language and Mind 1968, Cambridge University Press, Cambridge; New York.

Confucius, Analects (1893), trad. James Legge, http://www.sacred-texts.com/cfu/conf1. htm.

Conway Morris, S. (1998), The Crucible of Creation: The Burgess Shale and the Rise of Animals, Oxford University Press, Oxford; New York.

— (2005), Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe 2003, Cambridge University
Press, Cambridge.

Cook, Jill (2013), Ice Age Art: Arrival of the Modern Mind, British Museum Press, Londra. Couprie, Dirk L. (2006), „Anaximander", The Internet Encyclopedia of Philosophy 2006, http:// www.iep.utm.edu/anaximan/; accesat la 17 iunie 2014.

Coyne, Jerry (2006), „Intelligent Design: The Faith That Dare Not Speak Its Name", în John Brockman (ed.), Intelligent Thought, Random House, New York.

Coyne, Jerry A., H. Allen Orr (2004), Speciation, Sinauer Associates, Sunderland, MA. Crick, Francis (1990), What Mad Pursuit: A Personal View of Scientific Discovery, Penguin, Londra.

— (1995), The Astonishing Hypothesis: The Scientific Searchfor the Soul 1990, Touchstone, Lon
dra.

Crystal, David (1987), The Cambridge Encyclopedia ofLanguage, Cambridge University Press, Cambridge.

Curd, Patricia (2012), „Presocratic Philosophy", în Edward N. Zalta (ed.), The Stanford Encyclopedia of Philosophy, http://plato.stanford.edu/entries/presocratics/; accesat la 17 iunie 2014.

Darwin, Charles (1859), On the Origin ofSpecies by Means of Natural Selection, or the Preser- vation of Favoured Races in the Struggle for Life, John Murray, Londra.

— (1861), On the Origin ofSpecies by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured
Races in the Struggle for Life 1859, John Murray, Londra.
— (1868), The Variation of Animals andPlants underDomestication, John Murray, Londra.
— (1872), On the Origin ofSpecies by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured
Races in the Struggle for Life 1859, John Murray, Londra.
— (1882), The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex, John Murray, Londra.
— (1929), Autobiography of Charles Darwin: With Two Appendices Comprising a Chapter of
Reminiscences and a Statement of Charles Darwin's Religious Views 1882, Watts and Co., Londra.
— (1958), The Autobiography of Charles Darwin, 1809-1882: With Original Omissions Restored,
Collins, Londra.
Darwin, Erasmus (1796), Zoonomia; or, the Laws of Organic Life 1794, J. Johnson, Londra.
— (1803), The Temple of Nature; or, the Origin of Society a Poem, with Philosophical Notes, J.
Johnson, Londra.
Darwin, Francis (ed.) (1887), The Life and Letters of Charles Darwin, Including an Autobiogra- phical Chapter, John Murray, Londra.
Davies, Nigel (1990), The Ancient Kingdoms of Mexico 1982, Penguin, Harmondsworth. Davies, Paul (1990), God and the New Physics 1983, Penguin, Londra.
Dawkins, Richard (1989), The Selfish Gene 1976, Oxford University Press, Oxford.
— (1996) (cu o nouă introducere) The Blind Watchmaker 1987, Norton, New York; Londra. Desmond, Adrian J. (1989), The Politics of Evolution: Morphology, Medicine, and Reform in
Radical Londra, University of Chicago Press, Chicago.
Desmond, Adrian, James R. Moore (1992), Darwin, Penguin, Londra.
Dobzhansky, Theodosius (1956), The BiologicalBasis of Human Freedom, Columbia University Press, New York; Londra.
Doolittle, W. Ford (2000), „Uprooting the Tree of Life", Scientific American 282, pp. 90-95. Einstein, Albert (1949), The World As I See It, trad. de Alan Harris, Philosophical Library, New York.
Eldredge, Niles (1995), ReinventingDarwin: The GreatEvolutionary Debate, Weidenfeld and Nicolson, Londra.
Eldredge, Niles, Stephen J. Gould (1972), „Punctuated Equilibria:

An Alternative to Phyle- tic Gradualism“, pp. 82-115, în Models in Paleobiology, Freeman Cooper, San Francisco. Eldredge, Niles, Ian Tattersall (1982), The Myths of Human Evolution, Columbia University Press, New York; Guildford.

Elgin, Duane (1993), Awakening Earth: Exploring the Dimensions of Human Evolution, Morrow, New York.

Elliott, David K. (2000), „Extinctions and Mass Extinctions“, în Paul L. Hancock, Brian J. Skinner (eds), în Oxford Companion to the Earth, Oxford University Press, Oxford; New York.

Ellis, George (2002), „The Universe around Us: An Integrative View of Science and Cosmo- logy“, http://www.mth.uct.ac.za/~ellis/cos8.html; accesat la 13 august 2013.

— (2007), „Issues in the Philosophy of Cosmology“, în Jeremy Butterfield, John Earman

(eds), The Philosophy of Physics, Elsevier, Amsterdam; New Holland.

Eogan, George (1986), Knowth and the Passage Tombs of Ireland, Thames and Hudson, Londra.

Fagan, Brian M. (2004), TheLong Summer: How Climate Changed Civilization, Granta, Londra. Finkelstein, Israel, Neil Asher Silberman (2001), The Bible Unearthed: Archaeology’s New Vision of Ancient Israel and the Origin of Its Sacred Texts, Free Press, New York.

Fraser, Chris (2012), „Mohism“, în Edward N. Zalta (ed.), Stanford Encyclopedia of Philosophy, http://plato.stanford.edu/entries/mohism/; accesat la 31 august 2012.

Frawley, David (1992), From the River of Heaven: Hindu and Vedic Knowledge for the Modern Age 1990, Motilal Banarsidass, Dehli.

Futuyma, Douglas J. (1983), Science on Trial: The Case for Evolution, Pantheon Books, New York.

Gehring, W.J. (1998), Master Control Genes in Development and Evolution: The Homeobox Story, Yale University Press, New Haven, CN; Londra.

Gombrich, Richard F. (2006), Theravada Buddhism: A Social History from Ancient Benares to Modern Colombo 1988, Routledge, Londra.

Gorst, Martin (2001), Measuring Eternity: The Searchfor the Beginning of Time, Broadway Books, New York.

Gottlieb, Anthony (2001), The Dream of Reason: A History of Western Philosophy from the Greeks to the Renaissance 2000, Penguin, Londra.

Gould, Stephen Jay (1980), The Panda’s Thumb: More Reflections in Natural History, Norton, New York; Londra.

— (2002), The Structure of Evolutionary Theory, Belknap,

Cambridge, MA; Londra.

— (2004), „The Evolution of Life on Earth“ 1994, Scientific American 14, pp. 92-100.

Graves, Robert (1955), The GreekMyths, Penguin Books, Baltimore.

Gregory, T. Ryan (ed.) (2005), The Evolution of the Genome, Elsevier Academic Press, Burlington, MA; San Diego, CA; Londra.

Gribbin, John R. (2004), Deep Simplicity: Chaos, Complexity and the Emergence of Life, Allen Lane, Londra.

Griffiths, David J. (1987), Introduction to Elementary Particles, Harper & Row, New York; Londra.

Guth, Alan H. (1997), TheInflationary Universe: The Questfora New Theory of Cosmic Origins, Jonathan Cape, Londra.

Halliday, Tim (ed.) (1994), Animal Behavior, University of Oklahoma Press, Norman.

Hands, John (1975), Housing Co-operatives, Society for Co-operative Dwellings, Londra.

Hansen, Chad (2012), „Taoism“, în Edward N. Zalta (ed.), Stanford Encyclopedia ofPhilosophy, http://plato.stanford.edu/entries/taoism/; accesat la 3 august 2012.

Harman, Oren Solomon (2010), The Price of Altruism: George Price and the Search for the Origins of Kindness, Bodley Head, Londra.

Harwood, Caroline, Merry Buckley (2008), The Uncharted Microbial World: Microbes and Their Activities in the Environment, The American Academy of Microbiology, Washington, DC.

Hawking, Stephen W. (1988), A Brief History of Time: From the Big Bang to Black Holes, Ban- tam, Londra.

Hawkins, Gerald Stanley, John Baker White (1971), Stonehenge Decoded 1966, Collins, Londra.

Henke, Winfried, et al. (2007), Handbook of Paleoanthropology, Springer-Verlag, Berlin.

Heylighen, Francis (1999), „The Growth of Structural and Functional Complexity During Evolution“, în F. Heylighen et al., The Evolution of Complexity, Kluwer Academic Pub- lishers, pp. 17-44, Dordrecht.

Hill, Kim, A. Magdalena Hurtado (1996), Ache Life History: The Ecology and Demography of a Foraging People, Aldine de Gruyter, New York.

The Holy Qur'an (1938), trad. Yusuf Ali, http://www.sacred-texts.com/isl/quran/index.htm.

Honderich, Ted (ed.) (1995), The Oxford Companion to Philosophy, Oxford University Press, Oxford.

Hoyle, Fred, Nalin Chandra Wickramasinghe (1978), Lifecloud: The Origin of Life in the Universe, Dent, Londra.

Huxley, Julian (1923), Essays of a Biologist, Chatto & Windus, Londra.

— (1965), „Introduction“, în The Phenomenon of Man, Collins, Londra, 1959, pp. 11-28.

Kauffman, Stuart A. (1996), At Home in the Universe: The SearchforLaws of Self-Organization
and Complexity 1995, Penguin, Londra.

Keeley, Lawrence H. (1996), War before Civilization, Oxford University Press, New York; Oxford.

Keown, Damien (2003), A Dictionary of Buddhism, Oxford University Press, Oxford.

Kimura, Motoo (1983), The Neutral Theory of Molecular Evolution, Cambridge University Press, Cambridge.

Kious, W. Jacquelyne, Robert I. Tilling (1996), „This Dynamic Earth: The Story of Plate Tectonics“, versiunea 1.12 http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/dynamic.html - anc- hor19309449; accesat la 25 aprilie 2008.

Kitcher, Philip (1982), Abusing Science: The Case against Creationism, MIT Press, Cambridge, MA; Londra.

Koslowski, Peter (1999), „The Theory of Evolution as Sociobiology and Bioeconomics: A Critique of Its Claim to Totality“, în Peter Koslowski (ed.), Sociobiology and Bioeconomics: The Theory of Evolution in Biological and Economic Theory, Springer-Verlag, Berlin, pp. 301-326.

Krieger, Dolores (1993), Accepting Your Power to Heal: The Personal Practice of Therapeutic Touch, Bear & Co., Santa Fe, NM.

Krishnamurti, J., David Bohm (1985), TheEnding of Time, Gollancz, Londra.

— (1986), The Future of Humanity: A Conversation, Harper & Row, San Francisco.

— (1999), The Limits of Thought: Discussions, Routledge, Londra.

Kropotkin, Peter (1972), Mutual Aid: A Factor of Evolution 1914, Allen Lane, Londra.

Kuhn, Thomas S., Ian Hacking (2012), The Structure of Scientific Revolutions 1962, The Uni- versity of Chicago Press, Chicago; Londra.

Kuhrt, Amelie (1995), The AncientNearEast: c. 3000-330 BC, Routledge, Londra.

Lack, David Lambert (1947), Darwin’s Finches, Cambridge University Press, Cambridge.

Lagerwey, John, Marc Kalinowski (2009), Early Chinese

Religion, Brill, Leiden.

Laszlo, Ervin (2006), Science and the Reenchantment of the Cosmos: The Rise of the Integral Vision of Reality, Inner Traditions, Rochester, VT.

Leakey, Richard E., Roger Lewin (1996), The Sixth Extinction: Biodiversity and Its Survival 1995, Weidenfeld & Nicolson, Londra.

LeBlanc, Steven A., Katherine E. Register (2003), Constant Battles: The Myth of the Peaceful, Noble Savage, St Martin's Press, New York.

Lerner, Eric J. (1992), The Big Bang Never Happened 1991, Vintage, New York, NY.

Linde, Andrei (2001), „The Self-Reproducing Inflationary Universe", Scientific American, 26 noiembrie, http://www.sciam.com/specialissues/0398cosmos/0398linde.html; accesat la 17 august 2006.

Lochner, James C., et al. (2005), „What Is Your Cosmic Connection to the Elements?", Imagine the Universe, http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/teachers/elements/imagine/contents.html; accesat la 24 iunie 2007.

Lovelock, James (1991), Healing Gaia: Practical Medicinefor the Planet, Harmony Books, New York.

Lunine, Jonathan Irving (1999), Earth: Evolution of a Habitable World,, Cambridge University Press, Cambridge.

Maddox, John (1998), What Remains To Be Discovered: Mapping the Universe, the Origins of Life, and the Future of the Human Race, Macmillan, Londra.

Magli, Giulio (2009), Mysteries andDiscoveries of Archaeoastronomy: From Giza to EasterIsland, Copernicus Books, New York; Londra.

Magueijo, João (2003), Faster Than the Speed ofLight: The Story of a Scientific Speculation, Per- seus Book Group, Cambridge, MA.

Maillet, Benoit de (1968), Telliamed; or, Conversations between an Indian Philosopher and a French Missionary on the Diminution of the Sea, trad. Albert V Carozz, University of Illinois Press, Urbana.

Margulis, Lynn (1970), Origin of Eukaryotic Cells: Evidence and Research Implicationsfor a Theory of the Origin and Evolution ofMicrobial, Plant, and Animal Cells on the Precambrian Earth, Yale University Press, New Haven; Londra.

Mayr, Ernst (1982), The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance, Belknap Press, Cambridge, MA.

— (1988), Towards a New Philosophy of Biology, Belknap,

Cambridge, MA.

— (2001), What Evolution Is, Basic Books, New York.

McFadden, Johnjoe (2000), Quantum Evolution, Flamingo, Londra.

Melville, Duncan J., „Mesopotamian Mathematics“ (2005), St Lawrence University, http:// it.stlawu.edu/~dmelvill/mesomath; accesat la 25 februarie 2006.

Morales, Demetrio Sodi (1993), The Maya World 1989, Minutiae Mexicana, Mexic.

Morowitz, Harold J. (2004), The Emergence of Everything: How the World Became Complex 2002, Oxford University Press, New York.

Morris, Desmond (1986), The Illustrated Naked Ape: A Zoologist's Study of the Human Animal 1967, Cape, Londra.

Nagler, Michael N. (1987), „Reading the Upanishads“, în The Upanishads, trad. Eknath Easwaran, Nilgiri Press, Petaluma, CA, pp. 251-301.

Narlikar, Jayant, Geoffrey Burbidge (2008), Facts and Speculations in Cosmology, Cambridge University Press, Cambridge.

Needham, Joseph, Colin A. Ronan (1978), The Shorter Science and Civilisation in China: An Abridgement of Joseph Needham's Original Text, Cambridge University Press, Cambridge; New York.

Needham, Joseph, Ling Wang (1959), Science and Civilisation in China Vol. 3: Mathematics and the Sciences of the Heavens and the Earth, Cambridge University Press, Cambridge.

Ni, Maoshing (trad.) (1995), The Yellow Emperor's Classic of Medicine (the Neijing Suwen), Shambala Publications, Boston şi Londra.

Nissen, H.J., et al. (1993), Archaic Bookkeeping: Early Writing and Techniques of the Economic Administration in the AncientNearEast 1990, University of Chicago Press, Chicago.

Nitecki, Matthew H. (ed.) (1988), Evolutionary Progress, University of Chicago Press, Chicago; Londra.

Noble, Denis (2006), The Music of Life: Biology Beyond the Genome, Oxford University Press, Oxford; New York.

O'Grady, Patricia (2006), „Thales of Miletus“, The Internet Encyclopedia of Philosophy, 2006, http://www.iep.utm.edu/thales/; accesat la 17 iunie 2014.

O'Kelly, Claire (1991), Concise Guide to Newgrange, C. O'Kelly, Blackrock.

Pallen, M. (2009), The Rough Guide to Evolution, Rough Guides, Londra.

Pauling, Chris (1997), Introducing Buddhism 1990, Windhorse,

Birmingham.

Penrose, Roger (1989), The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics, Oxford University Press, Oxford.

— (2004), The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe, Jonathan Cape,
Londra.

Pinker, Steven (2000), The Language Instinct: The New Science of Language and Mind 1994, Penguin, Londra.

— (2012), The Better Angels of OurNature: A History of Violence and Humanity 2011, Penguin,
Londra.

Plato (1965), The Republic 1955, trad. H.D.P. Lee, Penguin, Londra.

Plotinus (2010), The Six Enneads, trad. Stephen MacKenna, B.S. Page, Christian Classics Ethereal Library, http://www.ccel.org/ccel/plotinus/enneads.toc.html.

Possehi, Gregory L (1996), „Mehrgarh", în Brian M. Fagan (ed.), The Oxford Companion to Archaeology, Oxford University Press, New York; Oxford.

Price, Derek J. de Solla (1965), Little Science, Big Science 1963, Columbia University Press, New York.

Radin, Dean I. (2006), Entangled Minds: Extrasensory Experiences in a Quantum Reality, Para- view Pocket, New York.

— (2009), The Noetic Universe: The Scientific Evidence forPsychic Phenomena 1997, Corgi, Lon
dra.

Ragan, Mark A., et al. (2009), „The Network of Life: Genome Beginnings and Evolution",
Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364/1527, pp. 2169— 2175.

Reanney, Darryl (1995), The Death of Forever: A New Future for Human Consciousness 1991, Souvenir Press, Londra.

Rees, Martin (1997), Before the Beginning: Our Universe and Others, Addison-Wesley, Reading, MA.

Rees, Martin J. (2000), Just Six Numbers: The Deep Forces That Shape the Universe 1999, Wei- denfeld & Nicolson, Londra.

The Revised English Bible (1989), Oxford University Press şi Cambridge University Press.

Riegel, Jeffrey (2012), „Confucius", Edward N. Zalta (ed.), The Stanford Encyclopedia of Phi- losophy, http://plato.stanford.edu/archives/spr2012/entries/confucius/; accesat la 3 august 2012.

The Rig Veda (1896), trad. Ralph Griffith, Internet Sacred Text Archive, http://www.sa- cred-texts.com/hin/rigveda/rvi10.htm.

Roberts, Royston M. (1989), Serendipity: Accidental Discoveries in Science, Wiley, New York.

Romer, John (2012), A History of Ancient Egypt: From the First Farmers to the Great Pyramid, Allen Lane, Londra.

Roth, Gerhard (2001), „The Evolution of Consciousness“, în Gerhard Roth, Mario F. Wulli- mann (eds), Brain Evolution and Cognition, Wiley, New York, pp. 554-582.

Roughgarden, Joan (2009), The Genial Gene:Deconstructing Darwinian Selfishness, University of California Press, Berkeley, CA; Londra.

Rowan-Robinson, Michael (2004), Cosmology, Clarendon, Oxford.

Ruggles, C.L.N. (2005), Ancient Astronomy: An Encyclopedia of Cosmologies and Myth, ABC Clio, Santa Barbara, CA; Oxford.

Russell, Bertrand (1946), History of Western Philosophy and Its Connection with Political and Social Circumstances from the Earliest Times to the Present Day, G. Allen and Unwin Ltd, Londra.

Sapp, Jan (2009), The New Foundations of Evolution: On the Tree of Life, Oxford University Press, New York; Oxford.

Schrodinger, Erwin (1964), My View of the World 1961, trad. Cecily Hastings, Cambridge University Press, Cambridge.

— (1992), What Is Life? with Mind and Matter and Autobiographical Sketches 1944, Cambridge
University Press, Cambridge; New York.

Shanahan, Timothy (2004), The Evolution ofDarwinism: Selection, Adaptation, and Progress in Evolutionary Biology, Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York.

Shapiro, James Alan (2011), Evolution: A View from the 21st Century, FT Press, Upper Saddle River, NJ.

Sheldrake, Rupert (2009), A New Science of Life: The Hypothesis of Formative Causation 1981, Icon, Londra.

Shields, Christopher, „Aristotle“, Edward N. Zalta (ed.), The Stanford Encyclopedia of Philosophy (2012), http://plato.stanford.edu/cgi-bin/encyclopedia/archinfo.cgi?entry=aristotle; accesat la 3 august 2012.

Simpson, George Gaylord (1949), The Meaning of Evolution: A Study of the History of Life and of Its Significance forMan, Yale University Press, New Haven, CN; Londra.

Singh, Simon (2005), Big Bang: The Most Important Scientific Discovery of All Time and Why You Need To Know About It 2004, Harper Perennial, Londra.

Smart, Ninian (1992), The World's Religions: Old Traditions and Modern Transformations 1989, Cambridge University Press, Cambridge.

Smith, Charles H., „The Alfred Russel Wallace Page“ (1998, 2000-2014), Western Kentucky University, http://people.wku.edu/charles.smith/index1.htm; accesat la 19 februarie 2015.

Smolin, Lee (1998), The Life of the Cosmos 1997, Phoenix, Londra.

— (2007), The Trouble with Physics: The Rise of String Theory, the Fall of a Science, and What Comes Next 2006, Allen Lane, Londra.

Sproul, Barbara C. (1991), Primal Myths: Creation Myths Around the World, Harper & Row, San Francisco.

Stachel, John (2002), Einstein from B to Z, Birkhauser, Boston.

Steinhardt, Paul J., Neil Turok (2004), „The Cyclic Model Simplified“, Princeton University, http://www.phy.princeton.edu/~steinh/dm2004.pdf, accesat la 11 martie 2007.

Steinhardt, Paul J., Neil Turok (2007), Endless Universe: Beyond the Big Bang, Weidenfeld & Nicolson, Londra.

Stringer, Chris (2011), The Origin of Our Species, Allen Lane, Londra.

Susskind, Leonard (2005), Cosmic Landscape: String Theory and theIllusion ofIntelligent Design, Little, Brown and Co., New York.

Targ, Russell (2012), The Reality of ESP: A Physicist's ProofofPsychic Phenomena, Quest Books, Wheaton, IL.

Teilhard de Chardin, Pierre (1965), ThePhenomenon of Man 1959 (ed. engleză), 1955 (originalul francez), trad. Bernard Wall, Collins, Londra.

The Ten Principal Upanishads (1938), trad. Swami Purchit Shree, W.B. Yeats, Faber and Faber, Londra.

Tolman, Richard Chace (1987), Relativity, Thermodynamics, and Cosmology, Clarendon Press, Oxford, 1934; Dover Publications, New York.

Tomasello, Michael (2003), Constructing a Language: A Usage-Based Theory of Language Acqu- isition, Harvard University Press, Cambridge, MA; Londra.

Tuttle, Russell Howard, „Human Evolution“, Encyclopwdia Britannica Online, 2014, http:// www.britannica.com/EBchecked/topic/275670/human-evolution; accesat la 1 mai 2014.

UNEP (2007), „Global Environment Outlook 4“, http://www.unep.org/geo/geo4/report/ GEO-4_Report_Full_en.pdf, accesat la 15 iunie 2010.

The Upanishads (1884), trad. Max Muller, Internet Sacred Text Archive, http://www.sa- cred-texts.com/hin/sbe15.

The Upanishads(1987), trad. Eknath Easwaran, Nilgiri Press, Petaluma, CA.

Van de Mieroop, Marc (2011), A History ofAncient Egypt, Wiley-Blackwell, Oxford.

Ward, Peter Douglas, Donald Brownlee (2000), Rare Earth: Why Complex Life Is Uncommon in the Universe, Copernicus, New York.

Watson, James D., Gunther S. Stent (1980), The Double Helix: A Personal Account of the Dis- covery of the Structure of DNA, Norton, New York.

Weinberg, Steven (1994), Dreams of a Final Theory 1992, Vintage Books, New York.

Weiner, Jonathan (1994), The Beak of the Finch: The Story of Evolution in Our Time, Jonathan Cape, Londra.

Wells, Jonathan (2000), Icons of Evolution: Science or Myth? Why Much of What We Teach About Evolution Is Wrong, Regnery Publishing, Washington, DC.

White, Gavin (2008), Babylonian Star-Lore: An Illustrated Guide to the Star-Lore and Constella- tions ofAncient Babylonia, Solaris Publications, Londra.

Williams, George C. (1996), Adaptation and Natural Selection: A Critique of Some Current Evolutionary Thought 1966, Princeton University Press, Princeton, NJ; Chichester.

Wilson, Edward O. (1998), Consilience: The Unity of Knowledge, Little, Brown, Londra.

Wilson, Edward O. (2000), Sociobiology: The New Synthesis 1975, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA; Londra.

Woit, Peter (2006), NotEven Wrong: The Failure of String Theory and the Continuing Challenge to Unify the Laws of Physics, Jonathan Cape, Londra.

Wright, Robert (1996), The Moral Animal: Why We Are the Way We Are 1994, Abacus, Londra.

Zhuangzi (1891), The Book of Zhuangzi, trad. James Legge, http://ctext.org/zhuangzi/ knowledge-rambling-in-the-north.

GLOSAR

Următoarele definiţii nu reprezintă singurul sens al termenilor de mai jos, ci sensul precis pe care îl folosesc în această carte. Am alcătuit acest glosar pentru a evita neînţelegerile cu privire la afirmaţiile pe care le fac. Cuvintele scrise cu italice sunt definite în alte locuri din glosar.

ADN Acidul dezoxiribonucleic, localizat în celule, conţine informaţia genetică folosită în menţinerea şi reproducerea tuturor organismelor independente cunoscute şi a unor viruşi.

Fiecare moleculă de ADN e alcătuită de obicei din două catene lungi cu patru nucleotide dispuse într-o ordine strict determinată; catenele sunt răsucite într-o formă du- blu-elicoidală şi sunt legate între ele prin punţi de hidrogen aflate între bazele complementare adenină (A) şi timină (T) sau citozină (C) şi guanină (G), astfel încât structura seamănă cu o scară răsucită.

Când ADN-ul este copiat într-o celulă, cele două catene se separă şi fiecare din ele are rol de matriţă pentru asamblarea unei noi catene complementare pornind de la molecule aflate în celulă.

Catenele ADN servesc de asemenea ca matriţă pentru sinteza proteinelor din celulă printr-un mecanism ce foloseşte un alt acid nucleic, ARN-ul, ca intermediar.

altruism Comportament caracterizat printr-o preocupare dezinteresată pentru binele celorlalţi.

aminoacid O moleculă alcătuită dintr-un atom de carbon legat de o grupare amino ($-NH_2$), o grupare carboxil (-COOH), un atom de hidrogen şi o a patra grupare care diferă de la un aminoacid la altul şi care este adesea numită grupare -R sau catenă laterală. Gruparea -R, ce poate varia foarte mult, este răspunzătoare de diferenţele în proprietăţile chimice ale moleculei.

Archaea (domeniu) Procariote care diferă de bacterii atât în privinţa alcătuirii genetice, cât şi în privinţa compoziţiei membranelor şi pereţilor celulari. Ele includ cea mai mare parte a extremofilelor. Deşi sunt structural asemănătoare bacteriilor, ADN-ul lor cromozomial şi structura lor celulară seamănă mai curând cu cea a eucariotelor.

ARN Acidul ribonucleic seamănă cu ADN-ul fiindcă e alcătuit dintr-o catenă cu patru nucleotide dispuse într-o ordine strict determinată, dar în acest caz timina (T) e înlocuită de uracil (U), care, alături de adenină (A), citozină (C) şi guanină (G), formează bazele nucleotidelor; structura sa este monocatenară, cu excepţia unor viruşi.

asteroid Un obiect pietros sau metalic, mai mic decât o planetă, dar mai mare decât un meteorit, care orbitează în jurul

Soarelui sau al altei stele; mai poate fi descris ca o planetă minoră. Orbita celor mai mulţi asteroizi din sistemul nostru solar se află între orbitele lui Marte şi Jupiter.

astronomie Studiu observaţional al sateliţilor naturali, planetelor, stelelor, galaxiilor şi materiei aflate deasupra atmosferei terestre şi al mişcărilor lor.

atom Unitatea fundamentală a unui element chimic. Este alcătuit dintr-un nucleu central şi dens format din protoni cu sarcină pozitivă şi neutroni fără sarcină, în jurul căruia orbitează nori de electroni cu sarcină negativă echivalenţi ca număr şi sarcină cu protonii, astfel încât atomul este neutru din punct de vedere electric. Numărul protonilor determină natura fiecărui element.

Bacteria (domeniu) Organisme unicelulare extrem de mici, a căror informaţie genetică, codificată într-o buclă de ADN dublu catenar, nu este cuprinsă într-un nucleu prevăzut cu membrană (de aici şi denumirea de procariote). În plus faţă de acest nucleoid, celula mai poate conţine una sau mai multe plasmide, fragmente separate circulare de ADN care se pot replica independent şi nu sunt răspunzătoare de reproducerea organismului. Cele mai multe bacterii se reproduc prin diviziunea în două copii identice şi au diferite forme, inclusiv sfere, bastonaşe, spirale şi virgule.

barion Protoni şi neutroni, care formează cea mai mare parte a materiei obişnuite, la care se adaugă alte câteva tipuri de particule, precum sigma, delta sau Xi; conform modelului standard al fizicii particulelor, fiecare este compus din trei cuarci.

Big Crunch Starea la care ajunge un univers în expansiune ce are o densitate care depăşeşte o anumită valoare critică. Într-o astfel de etapă, gravitaţia opreşte expansiunea şi forţează universul să colapseze în starea pe care, după cum se presupune, a avut-o la începuturi.

boson O particulă subatomică cu spin întreg (0, 1 şi posibil 2), care nu se supune principiului de excluziune al lui Pauli, ceea ce înseamnă că nu există o limită a numărului de bosoni care pot ocupa o stare cuantică.

Brahma Zeul creator din trinitatea vedică, alături de Vishnu păstrătorul şi Shiva distrugătorul. A fost în cele din urmă eclipsat de ultimii doi. A nu se confunda cu *Brahman*.

Brahman Realitatea ultimă, care există în afara spaţiului şi timpului, din care provin toate şi din care sunt făcute în ultimă instanţă toate; mai este echivalat cu Spiritul sau Conştiinţa Cosmică sau cu Dumnezeirea Supremă.

catalizator O substanţă, folosită de obicei în cantităţi foarte

mici în raport cu reactivii, care modifică rata reacţiilor chimice fără a fi, la rândul ei, modificată în timpul procesului.

câmp scalar În matematică sau fizică, un câmp scalar asociază o valoare scalară cu fiecare punct din spaţiu. Scalarul poate fi un număr matematic sau o cantitate fizică.

chimie Ramură a ştiinţei care investighează proprietăţile, compoziţia şi structura substanţelor şi modificările pe care acestea le suferă atunci când se combină sau intră în reacţie în condiţii determinate.

citoplasmă Tot ce se situează în afara nucleului celular şi este cuprins de membrana celulară. Citoplasma e alcătuită dintr-un fluid gelatinos, cu o bază apoasă, numit citozol, ce conţine săruri, molecule organice şi enzime şi în care plutesc organitele celulare, mecanismul metabolic al celulei.

cromozom Structura ce conţine informaţia genetică a celulei. Într-o celulă eucariotă, cromozomul e reprezentat de o structură filiformă de ADN dublu catenar înfăşurată în jurul unui miez proteic din interiorul nucleului celular; pe lângă acest cromozom nuclear, celula mai poate conţine alţi cromozomi mai mici, prezenţi, de exemplu, în mitocondrii. În cazul unei celule procariote cromozomul e reprezentat de o singură buclă strânsă de ADN. Celula mai poate conţine una sau mai multe formaţiuni circulare mici de ADN, numite plasmide.

cladistică Un sistem pentru clasificarea organismelor vii doar pe baza acelor caracteristici care există la toţi urmaşii unui strămoş comun. Se bazează pe ipoteza descendenţei cu modificări; o asemenea clasificare genealogică în clade (termenul vine de la echivalentul grecesc pentru „ramură“) produce o cladogramă sau un arbore genealogic.

cogniţie Facultatea mentală care permite cunoaşterea - prin intermediul unor procese de tipul percepţiei, reprezentării, introspecţiei, gândirii, memoriei sau creativităţii - şi care diferă de experienţele afective sau volitive.

colaborare Toate formele de activitate desfăşurată laolaltă, incluzând cooperarea şi colectivism.

colectivism Colaborare involuntară determinată de instinct, de învăţare condiţionată sau de coerciţie.

cometă Un corp de mici dimensiuni, cu un diametru nu mai mare de câţiva kilometri, care conţine bucăţi de gheaţă, gaze îngheţate, fragmente de piatră şi praf şi posibil un miez solid, numit de multe ori bulgăre de zăpadă murdară. Cometele au orbite alungite şi excentrice, de obicei puternic înclinate în raport cu planul orbitei Pământului. Când trec foarte aproape de Soare produc adesea pungi gazoase şi cozi incandescente.

complex Un întreg compus din părţi distincte interconectate.

complexificare Procesul prin care un lucru devine mai *complex*.

complexitate Starea/proprietatea de a fi complex.

conjectură O opinie sau o concluzie bazată pe dovezi incomplete sau neconcludente; o *speculaţie*.

conştiinţă Percepere a mediului înconjurător, a celorlalte organisme şi a propriului sine care poate conduce la acţiune; o proprietate deţinută de toate organismele, în diferite grade, de la nivelurile rudimentare, la organismele foarte simple, până la nivelurile sofisticate, la organismele cu un sistem cerebral complex. (Am definit conştiinţa în aşa fel încât să poată fi diferenţiată de conştiinţa reflexivă.)

conştiinţă reflexivă Proprietate a unui organism prin care el este conştient de propria conştiinţă, adică nu numai că ştie, dar şi ştie că ştie; capacitate a unui organism de a se gândi la sine şi la relaţia sa cu universul.

cooperare Colaborare voluntară pentru atingerea unor obiective stabilite în comun sau pentru beneficiul reciproc.

cosmologie Studiul originii, naturii şi structurii la scară largă a Universului, care include distribuţia şi relaţiile dintre galaxii, roiuri de galaxii şi obiecte cvasistelare.

cosmos Tot ceea ce există, incluzând dimensiuni ipotetice diferite de cele trei dimensiuni spaţiale şi dimensiunea temporală pe care le percepem, plus alte universuri cu care nu avem nici un fel de contact fizic şi despre care nu putem obţine informaţii prin observaţie sau experiment.

creativitate Abilitatea de a folosi imaginaţia pentru a crea lucruri noi, precum idei, soluţii la probleme, imagini, sunete, mirosuri, gusturi sau artefacte.

cuarci Grup de particule fundamentale din care sunt formaţi protonii, neutronii şi alte particule care sunt interacţiunea tare.

cultură umană Cunoaşterea, credinţele, valorile, organizarea, obiceiurile, creativitatea exprimată prin artă şi inovaţia exprimată prin ştiinţă şi tehnologie specifice unei societăţi, învăţate şi dezvoltate de membrii respectivei societăţi şi transmise de la unii la alţii, de la o generaţie la alta.

cunoaştere Informaţii cu privire la un lucru obţinute prin experienţă, inferenţă, intuiţie sau educaţie.

darwinism Ipoteza conform căreia toate speciile aceluiaşi gen au evoluat dintr-un strămoş comun. Principala cauză a acestei evoluţii biologice este selecţia naturală sau supravieţuirea celui mai adaptat, mecanism prin intermediul căruia descendenţii ale căror variaţii le permit să fie mai bine adaptaţi pentru a concura

cu alţi membri ai speciei lor pentru supravieţuirea într-un mediu înconjurător dat vor trăi mai mult şi vor produce mai mulţi descendenţi decât cei mai puţin adaptaţi. Aceste variaţii avantajoase sunt cumva moştenite şi, după mai multe generaţii, vor ajunge să domine populaţia din acel mediu înconjurător, în timp ce posesorii variaţiilor mai puţin avantajoase vor fi ucişi, vor muri de foame sau vor dispărea. Selecţia sexuală a trăsăturilor favorabile reproducerii şi folosirea sau nefolosirea organelor sunt de asemenea moştenite şi produc evoluţie biologică.

deducţie Un proces de raţionare în care concluzia va fi în mod necesar adevărată dacă premisele pe care se bazează sunt adevărate; *inferenţă* de la general la particular.

derivă genetică Variaţia frecvenţei alelelor (perechi de gene) din cadrul unei populaţii mici care se petrece mai degrabă în urma unor evenimente întâmplătoare decât prin selecţie naturală. Este posibil ca unele trăsături genetice ale unei populaţii să se piardă sau, dimpotrivă, să devină larg răspândite indiferent dacă favorizează sau nu supravieţuirea sau reproducerea indivizilor acelei populaţii.

dharma Cuvânt sanscrit provenit din *Upanisadele* vechii Indii. Se referă la legea naturală care rânduieşte funcţionarea universului şi la comportamentul indivizilor în conformitate cu această lege. Acest concept este folosit în hinduism, budism şi jainism.

dualism Speculaţia sau credinţa că există două elemente constitutive fundamentale ale universului: materia şi mintea (sau conştiinţa).

electron O particulă fundamentală ce intră în alcătuirea fiecărui atom. Are o sarcină electrică negativă (aproximativ 1,6 x 10^{-19} coulombi), iar masa sa este aproximativ 1/1836 din aceea a unui proton, care are sarcină pozitivă.

element O substanţă care nu poate fi descompusă în alte substanţe prin mijloace chimice. Toţi atomii care aparţin aceluiaşi element au acelaşi număr atomic.

emergenţă Apariţia uneia sau mai multor proprietăţi noi ale unui întreg complex pe care nici una dintre părţile sale componente nu le posedă. „Emergenţa slabă“ se petrece atunci când proprietăţile noi, ce apar la nivel superior, sunt explicate numai prin interacţiunea părţilor componente. „Emergenţa tare“ se petrece atunci când proprietăţile noi, ce apar la nivel superior, nu pot fi nici reduse şi nici anticipate prin interacţiunea părţilor componente. „Emergenţa sistemelor“ se petrece atunci când proprietăţile noi, ce apar la nivel superior, interacţionează în mod cauzal cu proprietăţi de nivel inferior; această cauzalitate

descendentă şi totodată ascendentă face adesea parte dintr-o abordare centrată pe sisteme care, spre deosebire de abordarea reducţionistă, priveşte fiecare componentă ca o parte interdependentă a întregului.

endosimbioză Asociere în care un organism mai mic trăieşte în interiorul unui organism mai mare, de obicei în condiţii de colaborare, fiecare organism hrănindu-se cu excreţiile metabolice ale celuilalt (vezi şi simbioză şi simbiogeneză).

entropie O măsură a gradului de dezordine sau dezorganizare a părţilor componente ale unui sistem închis; o măsură a energiei care nu poate fi utilizată. Cu cât este mai mică entropia, cu atât creşte gradul de organizare a părţilor componente şi, prin urmare, se obţin mai multă energie utilizabilă şi mai multe informaţii prin observarea configuraţiei sale. La punctul de maximă entropie, configuraţia este aleatorie şi uniformă, fără vreo structură şi fără energie utilizabilă; acest moment apare atunci când sistemul a atins o stare de echilibru. Statistic, se exprimă prin formula:

$$S = k\,In\Omega$$

unde S reprezintă entropia; k este o constantă, numită constanta lui Boltzmann, după fizicianul care a formulat ecuaţia; *ln* este logaritmul natural; iar Ω este numărul situaţiilor în care pot apărea stări de echilibru.

enzimă Catalizator biologic sau element chimic care accelerează reacţia chimică fără a fi consumat în cursul reacţiei respective. Astfel de catalizatori sunt esenţiali pentru funcţionarea unui organism, deoarece fac posibile procese care, altminteri, s-ar petrece mult prea lent fără adaos de energie (măsurată prin creşterea temperaturii) necesară pentru activarea reacţiei, putând să deterioreze sau să distrugă organismul.

epigenetică Studiul mecanismelor de reglare genetică ce produc modificări în fenotipul unui organism fără a antrena însă modificări ale secvenţelor de ADN ale genelor propriu-zise.

epistemologie Ramură a gândirii care investighează natura, sursele, validitatea, limitele şi metodele cunoaşterii umane.

echinocţiu Cele două zile ale anului în care Soarele se află exact deasupra ecuatorului, iar ziua şi noaptea sunt aproximativ egale pe toată suprafaţa Pământului. Echinocţiul de primăvară începe în jurul datei de 21 martie, iar cel de toamnă, în jurul datei de 22 septembrie.

estetică Ramură a gândirii care încearcă să înţeleagă şi să comunice esenţa frumuseţii în natură şi în creaţiile umane.

etică Ramură a gândirii care evaluează comportamentul uman şi încearcă deseori să creeze coduri de bună comportare între indivizi, între un individ şi un grup de indivizi (precum o societate

sau un stat) şi între grupuri de indivizi.

eucariote Organisme ale căror celule încorporează un nucleu ce conţine informaţia genetică a celulei şi e delimitat de o membrană, la care se adaugă organite, adică structuri separate ce îndeplinesc funcţii specifice. Aceste organisme sunt mai mari şi mult mai complexe structural şi funcţional decât procariotele, cuprinzând organisme unicelulare, precum amiba, şi toate organismele pluricelulare, precum plantele, animalele şi oamenii.

evoluţie Un proces de schimbare prin care trece un anumit lucru, mai ales de la o stare simplă la una mai complexă (vezi şi *evoluţie biologică*).

evoluţie biologică Un proces de modificare a organismelor ce are ca rezultat noi specii.

evoluţie biologică, prima lege a ~ Competiţia şi schimbările rapide ale mediului înconjurător duc la dispariţia speciilor.

evoluţie biologică, a doua lege a ~ Colaborarea duce la evoluţia speciilor.

evoluţie biologică, a treia lege a ~ Fiinţele vii evoluează prin creşterea complexităţii şi a centralizării de-a lungul liniilor descendente care fuzionează unele cu altele şi se ramifică, ducând la stază în toate cazurile, cu excepţia unei singure linii descendente.

evoluţie biologică, a patra lege a ~ Dezvoltarea conştiinţei se corelează cu *creşterea colaborării*, a *complexificării* şi a centralizării.

extincţie filetică sau pseudoextincţie Specia evoluează într-una sau mai multe specii noi; prima specie a dispărut, dar linia evolutivă continuă.

extincţie terminală Specia încetează să mai existe, fără a lăsa nici un descendent evoluat.

extremofilă Organism care trăieşte în condiţii extreme de căldură şi presiune sau în medii chimice precum cele cu aciditate mare sau o mare concentraţie de sare.

fenomen Ceva ce poate fi perceput sau experimentat prin simţuri.

fenotip Caracteristicile observabile ale unui organism, precum mărimea, forma, culoarea sau comportamentul.

filogenetică Studiul relaţiilor evolutive dintre diferite grupuri de organisme, în special al tiparelor de divergenţă evolutivă.

filozofie Iubirea de înţelepciune; gândirea despre realitatea fundamentală, esenţa şi cauzele lucrurilor, lumea naturală, comportamentul uman şi gândirea în sine.

filozofie naturală Ramură a gândirii care investighează şi încearcă să înţeleagă lumea naturală percepută prin intermediul

celor cinci simţuri şi funcţionarea ei.

fisiune binară Divizarea unei celule în două, astfel încât fiecare celulă produsă este identică cu celula iniţială, ajungând de obicei la aceeaşi dimensiune cu aceasta.

fizicalism Speculaţia sau credinţa că numai materia fizică este reală şi că toate celelalte lucruri, precum mintea, conştiinţa sau gândurile, vor fi explicate în cele din urmă ca lucruri fizice sau ca interacţiuni ale acestora. Numit şi materialism, fizicalismul cuprinde o perspectivă mai largă asupra caracterului fizic decât cea care se rezumă la materie, luând în considerare, de exemplu, forţe non-materiale care au la bază materia, precum gravitaţia.

fizică Ramură a ştiinţei care studiază materia, energia, forţa şi mişcarea şi relaţiile dintre ele.

foton O cuantă de lumină sau de orice altă formă de energie electromagnetică care posedă atât proprietăţi de particulă, cât şi proprietăţi de undă, are masă zero, nu are sarcină electrică şi are o durată de viaţă indefinit de lungă.

gaură neagră Un obiect cu un câmp gravitaţional foarte puternic, din care nu poate scăpa nimic, nici măcar lumina, pentru că viteza de care ar fi nevoie pentru acest lucru ar trebui să fie mai mare decât cea a luminii. Se presupune că găurile negre iau naştere prin colapsarea unor stele cu masa de câteva ori mai mare decât cea a Soarelui atunci când combustibilul lor nuclear se epuizează. O gaură neagră poate dobândi o masă tot mai mare atunci când puternicul ei câmp gravitaţional absoarbe obiectele din jur. Dovezile sugerează că aceste obiecte emit radiaţie de corp negru, dar efectul este semnificativ numai pentru găurile negre foarte mici.

gândire filozofică Cea de-a doua etapă a *conştiinţei reflexive*, atunci când reflecţia asupra sinelui şi a relaţiei acestuia cu universul trece de la *superstiţie* la *filozofie*.

gândire primitivă Prima etapă a *conştiinţei reflexive*, atunci când reflecţia despre sine şi despre relaţiile cu restul universului este centrată în principal pe supravieţuire şi *superstiţie*.

gândire ştiinţifică Cea de-a treia etapă a *conştiinţei reflexive*, atunci când reflecţia asupra sinelui şi a relaţiei sale cu restul universului capătă o dimensiune empirică.

genă Unitatea fundamentală a eredităţii, alcătuită în mod normal din segmente de ADN (la unii viruşi genele sunt alcătuite din segmente de ARN, nu de ADN); secvenţa bazelor din fiecare genă determină caracteristicile eredităţii individuale, de obicei prin codificarea sintezei de proteine. Segmentele sunt de obicei separate, astfel încât unele părţi se află în zone mai îndepărtate ale *cromozomului* şi se suprapun cu alte gene.

genom Întregul conţinut genetic al unui organism, format din lanţuri lungi, numite *cromozomi,* din molecule de *ADN* sau, în cazul anumitor viruşi, de *ARN*. Include *genele*, regiunile de codificare a ADN-ului, care sunt transcrise în *proteine* şi molecule de ARN, dar şi din regiuni care nu codifică.

genotip Alcătuirea genetică a unui organism, distinctă de caracteristicile sale fizice (vezi *fenotip*).

gravitaţie Un fenomen natural prin care corpurile par să se atragă printr-o forţă proporţională cu masele lor, descrisă de Newton, dar modificată de teoria relativităţii. Vezi *interacţiune gravitaţională*.

gravitaţie cuantică Mult-aşteptata teorie cuantică a gravitaţiei, care ar unifica energia gravitaţională şi alte forme de energie într-un singur cadru teoretic cuantic.

idealism Speculaţia sau credinţa că lucrurile materiale nu există în mod autonom, ci sunt numai construcţii ale *minţii* sau ale *conştiinţei*.

imaginaţie Abilitatea minţii de a forma imagini, senzaţii şi idei care nu au fost observate empiric, inclusiv ale unor lucruri imposibile, precum un om cu cap de leu.

inducţie Metodă ce constă în acumularea faptelor, detectarea tiparelor şi producerea unei concluzii generale sau a unei legi plecând de la acele tipare. Concluzia ar putea fi adevărată, dar nu este în mod necesar adevărată, din moment ce e o concluzie obţinută printr-o *deducţie* ce porneşte de la premise valide.

inferenţă Un proces de raţionare plecând de la premise şi fapte cunoscute, prin care se formulează o concluzie ce ar putea fi sau este în mod necesar adevărată (vezi *deducţie* şi *inducţie*).

inginerie Aplicarea cunoştinţelor pe care le avem despre lumea reală, obţinute de obicei prin intermediul *ştiinţei*, pentru producerea unor mijloace care să ne permită atingerea obiectivelor dorite.

intelect Abilitatea de a învăţa, de a raţiona sau de a înţelege.

inteligenţă Capacitatea de a dobândi şi de a aplica cu succes informaţii cu un anumit scop, mai ales în situaţii noi sau provocatoare.

interacţiune electromagnetică Forţă asociată cu câmpurile magnetice şi electrice, care sunt manifestări ale unui unic câmp electromagnetic. Ea guvernează interacţiunile dintre două particule încărcate electric, de exemplu un *proton* şi un *electron*, şi este responsabilă pentru interacţiunile chimice şi pentru propagarea luminii. La fel ca *interacţiunea gravitaţională*, are o rază de acţiune infinită, iar intensitatea ei este invers proporţională cu pătratul distanţei dintre particule; spre deosebire de interacţiunea

gravitaţională, poate fi atât atractivă, când cele două sarcini electrice sunt diferite (una pozitivă, una negativă), cât şi repulsivă, când cele două sarcini sunt de acelaşi fel (amândouă pozitive sau amândouă negative). Interacţiunea electromagnetică dintre atomi este de 10^{36} ori mai puternică decât interacţiunea lor gravitaţională, adică este de un milion de miliarde de miliarde de miliarde de miliarde de ori mai puternică. Conform modelului standard al fizicii particulelor, această interacţiune operează prin schimbul unei particule-mesager sau purtătoare - fotonul, care nu are masă - între particulele încărcate electric.

interacţiune gravitaţională În fizica newtoniană, forţa gravitaţională este o forţă instantanee de interacţiune între toate particulele care au masă nenulă. Dintre cele patru interacţiuni fundamentale (vezi interacţiune electromagnetică, interacţiune tare şi interacţiune slabă), este singura universală. Raza sa de acţiune este infinită, se manifestă întotdeauna prin atracţie, iar intensitatea ei se obţine din produsul maselor împărţit la pătratul distanţei dintre centrele de masă ale particulelor şi apoi înmulţit cu o constantă universală, G, numită constanta gravitaţională a lui Newton. Expresia ei matematică este următoarea:

unde F este forţa gravitaţională, m_1 şi m_2 sunt masele, r este distanţa dintre centrele de masă, iar constanta G este un număr extrem de mic, 6,67 x 10^{-11} metri^3 (kilo- gram-secundă^2)$^{-1}$. În teoria relativităţii nu este însă o forţă, ci o deformare a spaţiului-timp provocată de masă, şi nu este instantanee.

interacţiune slabă Unul dintre cele patru tipuri de interacţiuni între particulele elementare ale materiei (vezi şi *interacţiune electromagnetică*, *interacţiune tare* şi *interacţiune gravitaţională*). Joacă un rol important în transformarea particulelor în alte particule, de exemplu printr-un anume tip de dezintegrare radioactivă. Este responsabilă pentru transformarea unui electron şi a unui proton într-un neutron şi un neutrino, un stadiu esenţial în reacţiile nucleare din interiorul stelelor. Este cu câteva ordine de mărime mai slabă decât *interacţiunea electromagnetică* şi cu mult mai slabă decât *interacţiunea nucleară tare,* raza ei de acţiune fiind de aproximativ o miime din diametrul nucleului atomic.

interacţiune tare Unul dintre cele patru tipuri de interacţiuni fundamentale între particulele elementare ale materiei (vezi *interacţiune electromagnetică*, *interacţiune slabă* şi *interacţiune gravitaţională*). Se consideră că interacţiunea tare este forţa care ţine cuarcii laolaltă pentru a forma protoni, neutroni şi alţi hadroni şi care leagă protonii şi neutronii pentru a forma nucleul

unui atom, învingând astfel forţa electrică repulsivă a protonilor încărcaţi pozitiv. Putem spune deci că este interacţiunea responsabilă pentru stabilitatea materiei. Raza ei de acţiune este aproximativ cât diametrul unui nucleu atomic, iar la această scară intensitatea ei este de circa 100 de ori mai mare decât cea a *interacţiunii electromagnetice*.

intuiţie Înţelegerea clară a esenţei unui lucru, de obicei în mod neaşteptat, după o meditaţie disciplinată sau după o încercare nereuşită de a ajunge la această înţelegere prin raţionament (vezi *intuiţie mistică*, *intuiţie spirituală*, *intuiţie ştiinţifică*, *intuiţie matematică*, *intuiţie psihologică*, *intuiţie etică* şi *intuiţie artistică*; dar şi *raţionare*).

intuiţie artistică Înţelegerea directă care are ca rezultat crearea unor lucrări vizuale, muzicale sau scrise frumoase sau stimulative din punct de vedere intelectual.

intuiţie etică Înţelegerea directă a modului în care oamenii ar trebui să se comporte ca indivizi sau ca grup faţă de alţi indivizi sau de alte grupuri şi, adesea, a cauzelor pentru care ar trebui să se comporte în acest mod.

intuiţie matematică Înţelegerea directă a proprietăţilor sau a relaţiilor dintre numere, forme reale şi abstracte şi, adesea, a regulilor care guvernează aceste relaţii.

intuiţie mistică Înţelegere directă a realităţii ultime: esenţa şi cauza tuturor lucrurilor.

intuiţie psihologică Înţelegerea directă a modului în care gândesc şi se comportă indivizii sau grupurile de indivizi şi a cauzelor acestui mod de a gândi şi de a se comporta.

intuiţie spirituală O presupusă revelaţie de la divinitate sau de la mesagerii săi care de regulă îl îndeamnă pe cel ce o primeşte să stabilească anumite obiective pentru credincioşi.

intuiţie ştiinţifică Înţelegerea directă a esenţei sau cauzelor fenomenelor naturale, ale interacţiunilor sau ale altor relaţii dintre ele şi, adesea, ale regulilor care guvernează aceste interacţiuni şi relaţii.

instinct Reacţie înnăscută şi impulsivă la stimuli determinată de obicei de necesităţi biologice cum ar fi supravieţuirea şi reproducerea.

invenţie Abilitatea de a face ceva nou, fie prin folosirea creativă a *imaginaţiei*, fie prin încercare şi eroare.

ion Un *atom* care a pierdut sau a dobândit unul sau mai mulţi electroni şi care a ajuns să aibă astfel o sarcină pozitivă sau negativă.

ipoteză O teorie provizorie construită pentru a explica un fenomen sau un ansamblu de fenomene şi folosită ca punct de

plecare pentru o investigaţie mai avansată; de obicei, la o ipoteză se ajunge fie prin observaţie, fie prin raţionamente inductive, atunci când dovezile examinate se dovedesc insuficiente; orice ipoteză trebuie să fie falsificabilă.

izotop Atomii cu acelaşi *număr atomic*, dar cu un număr diferit de neutroni - şi astfel cu mase diferite - sunt numiţi izotopi ai *elementului*.

izotrop Care are proprietăţi fizice ce nu variază în nici o direcţie. Un univers izotrop ce nu pare să varieze în nici o direcţie este *omogen*.

lege (ştiinţifică sau naturală) Un enunţ general şi succint, care poate fi testat prin observaţie sau experiment şi pentru care nu au fost descoperite rezultate contrare repetabile, conform căruia o gamă de fenomene naturale se comportă invariabil la fel în anumite limite specificate. De obicei, este exprimat printr-o singură ecuaţie matematică. Rezultatul aplicării unei astfel de legi poate fi prezis cunoscând valorile variabilelor care specifică fenomenul luat în considerare. Vezi şi *principiu* sau *teorie*.

legea interpretării datelor Gradul în care un om de ştiinţă se îndepărtează de o interpretare obiectivă a datelor obţinute în urma investigaţiei sale depinde de patru factori: hotărârea sa de a valida o ipoteză sau de a confirma o teorie, timpul dedicat investigaţiei ştiinţifice, investiţia emoţională şi nevoia de a publica o lucrare semnificativă pentru cariera sa ori de a-şi salva reputaţia.

lepton Grup de particule fundamentale care nu participă la *interacţiunea tare*. Un lepton poate purta o unitate de sarcină electrică, precum *electronul*, sau poate fi neutru, precum *neutrino*.

limbaj Comunicarea unor trăiri, naraţiuni, explicaţii sau idei printr-o structură complexă, învăţată, de simboluri orale sau scrise sau sub formă de semne, care transmite un înţeles în cultura în care este folosită.

logică Ramură a gândirii care îşi propune să deosebească sistematic inferenţele valide de cele nevalide cu ajutorul unor legi ce vizează în principal raţionamentul deductiv şi cel inductiv.

lungime Planck, l_p Cea mai mică unitate de lungime în oricare dintre teoriile cuantice ale gravitaţiei: sub această lungime, fluctuaţiile cuantice sunt incompatibile cu spa- ţiul-timp continuu din teoria relativităţii.

Matematic, se exprimă prin $l_p = V (hG/c^3)$ şi este de aproximativ 10^{-35} metri.

(Vezi *unităţi Planck* pentru explicitarea simbolurilor.)

MACHO Massive Compact Halo Objects sunt forme de materie foarte densă, precum găurile negre, piticele brune şi alte stele cu

luminozitate scăzută - preferate de astrofizicieni pentru a explica *materia întunecată*. Vezi şi *WIMP*.

masă Planck, m_p Masa celei mai mari particule elementare ipotetice; dacă ar avea o masă mai mare, particula ar fi copleşită de propria forţă gravitaţională şi ar colapsa într-o gaură neagră. Matematic, se exprimă astfel:

$m_p = V\ (hc/G)$ şi are o valoare de aproximativ 10^{19} mase protoni sau 10^{-5} grame.

(Vezi *unităţi Planck* pentru explicitarea simbolurilor.)

materialism Speculaţia sau convingerea că numai lucrurile sau fenomenele materiale sunt reale şi că toate lucrurile (precum mintea, conştiinţa sau gândurile) vor fi în cele din urmă explicate ca obiecte fizice (vezi *fizicalism*)

mecanică cuantică Teoria care explică comportamentul materiei la scară atomică sau subatomică pe baza teoriei cuantice şi care include *principiul de incertitudine* al lui Heisenberg şi *principiul de excluziune* al lui Pauli.

megavers Un prezumtiv univers cu mai multe dimensiuni în care există universul nostru cu trei dimensiuni spaţiale. Conform unor ipoteze cosmosul cuprinde mai multe megaversuri.

metafizică Ramură a gândirii care investighează şi încearcă să înţeleagă realitatea fundamentală sau esenţa şi cauza tuturor lucrurilor, fie ele materiale sau imateriale.

meteor Rază de lumină pe cerul nopţii produsă de un corp solid, numit meteorit, încălzit până la incandescenţă prin fricţiune în momentul în care intră în atmosfera pământului sau a altei planete.

meteorit Corp natural solid care ajunge la suprafaţa unei planete după ce trece prin atmosfera acesteia.

metoda ştiinţifică (teoretic)

1. Datele cu privire la un fenomen studiat sunt colectate prin observaţie sistematică sau prin experiment.
2. Pe baza acestor date este dedusă o concluzie, sau ipoteză, provizorie.
3. Predicţiile deduse din această ipoteză sunt testate prin observaţii sau experimente ulterioare.
4. Dacă aceste teste confirmă predicţiile şi mai mulţi observatori independenţi obţin aceleaşi confirmări, atunci ipoteza este acceptată ca teorie ştiinţifică, până când noi date intră în contradicţie cu teoria.
5. Dacă apar date noi care intră în contradicţie cu teoria, atunci teoria este fie modificată, fie abandonată în favoarea unei noi ipoteze, care se potriveşte cu toate datele.

minte Ceea ce concepe, percepe, raţionează, doreşte şi îşi

aminteşte.

mit Poveste tradiţională, fictivă în parte sau în întregime, care implică cu precădere fiinţe supranaturale, strămoşi sau eroi şi care explică anumite fenomene naturale sau sociale sau anumite practici culturale sau religioase.

mitocondrie Un organit celular acoperit de o membrană şi situat în citoplasma celor mai multe celule eucariote; funcţia sa primară este aceea de a genera energie.

Modelul standard al fizicii particulelor Încearcă să explice existenţa şi interacţiunile a tot ceea ce există şi putem vedea în univers, cu excepţia gravitaţiei, în termenii particulelor elementare şi ai mişcărilor lor. În momentul de faţă sunt clasificate 17 tipuri de particule elementare, grupate în trei categorii: *cuarci*, *leptoni* şi *bosoni*. Când sunt luate în considerare antiparticulele şi modelele de bosoni corespunzătoare, se ajunge la un număr total de 61 de particule elementare.

moleculă Cea mai mică unitate fizică a unei substanţe care poate să existe independent, formată dintr-un atom sau din mai mulţi atomi legaţi între ei prin electronii pe care-i pun în comun.

monism Speculaţia sau credinţa că toate lucrurile sunt formate din şi pot fi reduse în ultimă instanţă la o realitate sau la un principiu ultim. Poate lua forma *materialismului* (sau *fizicalismului*), *idealismului* sau *monismului neutru*. Se opune *dualismului* şi *pluralismului*.

monism neutru Speculaţia sau credinţa că atât entităţile fizice, cât şi entităţile mentale pot fi reduse la un al treilea tip de entitate.

monopol magnetic O particulă ipotetică ce are numai un pol de sarcină magnetică (un pol nord fără pol sud sau invers) în locul celor doi care se manifestă în mod normal.

moralitate Deprinderea unor comportamente bune sau corecte.

morfologie Mărimea, forma şi structura unui organism; studiul acestora.

moştenire epigenetică Transmiterea de la celula-părinte la celula-fiică, prin replicare asexuată sau prin reproducere sexuată, a unor variaţii ce produc variaţii la nivelul caracterelor organismului, dar nu şi la cel al secvenţei de baze ale ADN-ului.

multivers Un cosmos prezumtiv care conţine universul nostru şi o multitudine sau chiar o infinitate de alte universuri cu care nu avem nici un contact fizic şi despre care nu putem obţine informaţii observabile sau experimentale. Au fost propuse mai multe tipuri de multivers, fiecare având proprietăţi diferite.

neodarwinism Sinteza selecţiei naturale darwiniene cu

genetica mendeliană şi genetica populaţilor, în care variaţii genetice aleatorii sunt responsabile pentru caracterele care îi fac pe indivizii populaţiei unei specii să fie mai bine adaptaţi să concureze pentru resursele din mediul înconjurător, să supravieţuiască mai mult timp şi să producă un număr mai mare de descendenţi. Aceste gene favorabile sunt astfel moştenite în proporţie din ce în ce mai mare, astfel încât fondul comun de gene - totalul genelor unei populaţii - se schimbă treptat, timp de multe generaţii, până la apariţia unor noi specii. Membrii populaţiei cărora le lipsesc variaţiile genetice responsabile pentru aceste caractere adaptative sunt ucişi, mor prin înfometare sau dispar treptat sub presiunea mediului înconjurător.

neuron Celulă eucariotă capabilă să reacţioneze la stimulare şi să transmită impulsurile electrochimice.

neutron O particulă subatomică neutră din punct de vedere electric ce se găseşte în nucleele tuturor atomilor, cu excepţia hidrogenului. În nucleele uşoare, configuraţia stabilă este formată din neutroni şi protoni în cantităţi aproape egale, dar pe măsură ce elementele devin tot mai grele neutronii depăşesc numeric protonii. Deşi un neutron este stabil în interiorul unui nucleu, un neutron liber are o perioadă de înjumătăţire de aproximativ 15 minute, după care se dezintegrează, producând un proton, un electron şi un antineutrino.

noetic Care ţine de sau îşi are originea în minte.

număr atomic Numărul protonilor dintr-un atom, notat cu litera Z; este numărul care determină natura elementului şi care îl distinge de alte elemente.

om Singura specie care posedă conştiinţă reflexivă.

omogen Care are o compoziţie şi o structură uniforme. Un univers omogen este la fel în fiecare punct.

ontogeneză (sau ontogenie) Apariţia şi dezvoltarea individului de la starea de embrion la cea de adult.

ontologie Subramură a *metafizicii* care investighează ceea ce există.

orizont vizual Conform modelului Big Bang, nu putem vedea în urmă decât până la momentul decuplării materiei de radiaţia electromagnetică - despre care în acest moment se estimează că s-a întâmplat la aproximativ 380.000 de ani după Big Bang -, pentru că, înainte de acest moment, fotonii erau risipiţi de continua interacţiune cu plasma originară, făcând universul opac.

orizontul particulei Nu putem fi influenţaţi cauzal de, nu putem obţine informaţii despre - şi, prin urmare, nu putem detecta - nici un fel de particulă, fie cu masă pozitivă, fie cu masă zero, care se află la o distanţă mai mare de noi decât cea pe care lumina

a parcurs-o de când a început timpul.

ortogeneză Ipoteză potrivit căreia evoluţia biologică are o direcţie cauzată de forţe intrinseci; printre versiunile sale se numără perspectiva conform căreia adaptarea joacă de asemenea un rol semnificativ în evoluţia speciilor, cea conform căreia adaptarea influenţează numai variaţiile din cadrul speciei şi cea conform căreia această direcţie demonstrează existenţa unui scop al evoluţiei biologice.

paradigmă Tiparul dominant al convingerilor şi supoziţiilor care în general nu sunt puse la îndoială într-o disciplină în care se efectuează cercetări ştiinţifice şi în conformitate cu care se interpretează rezultatele.

parametru În ştiinţă, în general, o mărime dintr-o serie de factori măsurabili, precum temperatura şi presiunea, ce defineşte un sistem şi îi determină comportamentul: adesea, într-un experiment, unul dintre parametri este făcut să varieze, în vreme ce alţii sunt menţinuţi constanţi. În matematică, instrumentul preferat al fizicienilor teoreticieni, reprezintă o constantă într-o ecuaţie care variază în alte ecuaţii cu aceeaşi formă generală.

partenogeneză Dezvoltarea unui ovul într-un descendent fără fertilizarea ovulului de către un mascul.

peptidă Un lanţ de doi sau mai mulţi aminoacizi formaţi prin unirea chimică a grupării carboxil a unui aminoacid cu gruparea amino a altui aminoacid.

planetă Obiect cu o masă şi un volum aproximativ constante care orbitează de obicei în jurul unei stele sau al rămăşiţelor unei stele şi care are o forţă gravitaţională suficient de puternică pentru a căpăta o formă sferică sau aproape sferică, dar care nu are suficientă masă pentru a iniţia procese de fuziune termonucleară şi nu este satelitul unei alte planete. A atras planetezimalele şi alte resturi din zona sa orbitală, iar pe unele dintre aceste obiecte cereşti le poate menţine în mişcare orbitală în jurul său sub forma unor sateliţi sau a unor inele.

plasmă Fază a materiei formată dintr-un gaz ionizat alcătuit din nuclee de atomi (ioni) cu sarcină pozitivă şi electroni liberi cu sarcină negativă, precum şi din particule neutre, şi care astfel nu are o sarcină netă generală; este conductoare din punct de vedere electric şi este afectată de câmpurile magnetice.

plasmidă Moleculă circulară de ADN, uneori de ARN, care se află în citoplasma celor mai multe procariote şi în mitocondriile unor eucariote. Plasmidele se înmulţesc independent de cromozomul unei celule.

pluralism Speculaţia sau credinţa că realitatea este alcătuită din mai multe elemente sau substanţe.

poliploidie Existenţa a mai mult de două seturi de cromozomi într-o celulă.

prana Energia vitală, puterea vieţii; substratul esenţial al tuturor formelor de energie.

principiul conservării energiei Energia nu poate fi nici creată, nici distrusă; energia totală a unui sistem izolat rămâne constantă, deşi poate fi transformată dintr-o formă într-alta.

principiul creşterii entropiei În timpul oricărui proces dintr-un sistem izolat, entropia fie rămâne la acelaşi nivel, fie, cel mai adesea, creşte, adică dezordinea creşte, energia disponibilă scade, iar informaţia se pierde în timp pe măsură ce sistemul evoluează către o stare de echilibru.

principiul de excluziune al lui Pauli Doi electroni dintr-un atom sau dintr-o moleculă nu pot avea acelaşi număr cuantic. La un nivel mai general, două tipuri de fermioni (o clasă de particule care include electronii, protonii şi neutronii) dintr-un sistem dat nu se pot afla în acelaşi timp în stări caracterizate de acelaşi număr cuantic.

principiul incertitudinii (Heisenberg) Un principiu al mecanicii cuantice care spune că, de fapt, cu cât suntem mai siguri de măsurarea poziţiei unui obiect, cu atât suntem mai puţin siguri în măsurarea vitezei lui din acelaşi moment. Acest principiu se aplică şi de cazul măsurării energiei unui obiect la un moment anume. Pentru obiectele vizibile, produsul celor două incertitudini este atât de mic, încât poate fi considerat neglijabil. Totuşi, pentru obiecte cu masa unui atom sau mai mică, precum un electron, incertitudinea este semnificativă.

principiu ştiinţific sau natural O lege despre care se consideră că este naturală şi adevărată în mod universal. De exemplu, prima lege a termodinamicii se aplică la lucrul mecanic şi la energia termică, pe când principiul conservării energiei se aplică tuturor formelor de energie.

procariot O celulă ce nu are materialul genetic închis în interiorul unei membrane.

proteină O moleculă alcătuită dintr-o catenă ce cuprinde de la 50 până la câteva mii de aminoacizi care asigură structura şi controlează reacţiile tuturor celulelor. Proteina este caracterizată de o secvenţă formată din până la 20 de tipuri diferite de aminoacizi care alcătuiesc catena şi configuraţia tridimensională a catenei.

proton Particulă subatomică stabilă ce poartă o sarcină electrică pozitivă şi reprezintă nucleul unui atom de hidrogen. Protonii, alături de neutroni (care sunt ceva mai masivi), se regăsesc în nucleele tuturor atomilor, iar numărul protonilor

defineşte elementul chimic.

psihologie Ramură a ştiinţei care investighează procesele mentale şi comportamentele indivizilor şi grupurilor.

raţionament Încercare de a înţelege esenţa unui lucru printr-un proces logic, fie pe baza unor dovezi, fie pe baza unor supoziţii considerate evidente.

reducţionism Metodă prin care un lucru este descompus în părţile lui constitutive pentru a fi înţeles sau explicat; credinţa că orice lucru poate fi înţeles sau explicat prin studierea părţilor lui componente şi a interacţiunilor dintre ele (compară cu *emergenţa*).

regulă O serie de coordonate în funcţie de care oamenii de ştiinţă îşi desfăşoară activitatea - nu este acelaşi lucru cu legea, de care ascultă fenomenele naturale (natura se supune legilor, iar oamenii de ştiinţă folosesc reguli).

religie Organizaţie înfiinţată pentru a conserva, a interpreta, a aplica şi, de obicei, a propaga revelaţiile, credinţele şi îndemnurile unei persoane considerate fondatoare. Membrii organizaţiei acceptă adevărul unor astfel de revelaţii şi interpretări pe baza credinţei. Organizaţiile de acest fel asigură de regulă loialitatea şi coeziunea propriilor membri prin trei mijloace principale: îndoctrinarea de la o vârstă fragedă; impunerea unor reguli a căror încălcare atrage de obicei pedepse; practicarea unor ritualuri ce pot aduce satisfacţie emoţională.

retrodicţie Rezultat care s-a produs în trecut şi care este dedus sau prezis de o lege sau o teorie ştiinţifică ulterioară.

ribozom Particulă rotundă compusă din ARN şi proteine, aflată în citoplasma celulelor. Serveşte ca loc de asamblare a proteinelor prin traducerea codului genetic liniar deţinut de ARN-ul mesager într-o secvenţă liniară de aminoacizi.

scalar Cantitate precum masa, lungimea sau viteza, care este complet specificată prin mărimea sa şi nu are nici o direcţie.

schimbare de fază O schimbare semnificativă a comportamentului unei substanţe. De exemplu, dacă e încălzită până la 0° C, gheaţa trece în stare lichidă; dacă e încălzită până la 100° C, apa lichidă trece în stare gazoasă.

scientism Convingerea că ştiinţa, care aplică metodele ştiinţelor naturale, este singura cale de a ajunge la adevărata cunoaştere şi înţelegere.

selecţie naturală (darwiniană şi neodarwiniană) Efectul cumulativ al unor variaţii mici şi aleatorii moştenite de-a lungul mai multor generaţii care le permite organismelor să supravieţuiască mai mult timp într-un mediu înconjurător dat şi să se reproducă în mai mare măsură decât organismele ce nu posedă aceste variaţii; rezultă o creştere a numărului indivizilor mai bine

adaptaţi la mediul respectiv şi eliminarea indivizilor neadaptaţi. Vezi şi *darwinism*, *neodarwinism* şi *ultradarwinism*.

simbiogeneză Unirea a două sau mai multe tipuri de organisme pentru a forma un nou tip de organism (vezi *endosimbioza*).

simbioză Asocierea fizică a două sau mai multe tipuri de organisme pe parcursul celei mai mari părţi a vieţii unuia dintre ele.

singularitate O regiune ipotetică în spaţiu-timp unde forţele gravitaţionale fac ca o masă finită să se comprime într-un volum infinit de mic şi, prin urmare, să aibă o densitate infinită, şi unde spaţiul-timp devine infinit distorsionat.

sistem nervos Grup organizat de celule, numite neuroni, specializate în transmiterea electrochimică a stimulilor printr-o reţea nervoasă de la un receptor senzorial la un efector, la nivelul căruia se produce o reacţie.

solstiţiu Momentul (21 iunie sau 22 decembrie) în care Soarele se află în punctul cel mai nordic sau cel mai sudic faţă de ecuatorul ceresc al Pământului şi pare să stea nemişcat înainte de a se întoarce spre ecuator. Cea mai lungă zi din an este la solstiţiul de vară, iar cea mai scurtă, la solstiţiul de iarnă.

specie Populaţie de organisme ale căror caractere ereditare definitorii şi specifice perioadei adulte au suferit o modificare ireversibilă faţă de cele ale populaţiei sau populaţiilor din care a evoluat.

speculaţie O idee sau o concluzie bazată pe dovezi insuficiente;conjectură.

superstiţie Credinţă care se află în contradicţie cu dovezile sau care nu are o bază raţională şi care apare de obicei dintr-o lipsă de înţelegere a fenomenelor naturale sau din teama de necunoscut.

ştiinţă Încercarea de a înţelege şi de a explica fenomenele naturale folosind observaţii şi experiemente sistematice, preferabil măsurabile, şi făcând raţionamente pe baza cunoştinţelor obţinute, pentru a deduce legi verificabile şi a face predicţii sau retrodicţii.

ştiinţe fizice Ramuri ale ştiinţei care studiază fenomenele neînsufleţite; includ astronomia, fizica, chimia şi ştiinţele Pământului.

ştiinţe medicale Ramuri ale ştiinţei care sunt aplicate în vederea menţinerii sănătăţii, prevenirii şi tratării bolilor şi vindecării leziunilor.

ştiinţele Pământului Ramuri ale ştiinţei care studiază originea, natura şi comportamentul Pământului şi părţilor sale componente, inclusiv interacţiunile dintre ele.

ştiinţele vieţii Ramuri ale ştiinţei care studiază caracteristicile organismelor vii (precum plantele, animalele şi oamenii) şi relaţiile dintre aceste caracteristici.

taxonomie Clasificarea ierarhică a organismelor în grupuri după caracteristicile pe care le au în comun, pornind de la cele mai generale şi ajungând până la cele mai particulare.

tehnologie Inventarea, crearea şi folosirea uneltelor sau maşinilor pentru a rezolva o problemă.

teorie Explicaţia unui ansamblu de fenomene care a fost confirmată printr-un număr de experimente sau observaţii independente şi este folosită pentru a face predicţii sau retrodicţii riguroase cu privire la acest ansamblu de fenomene. Vezi, de asemenea, *ipoteză, model, lege* sau *principiu.*

teorie cuantică Teoria conform căreia energia este emisă şi absorbită de materie în cantităţi mici, discrete, numite cuante, fiecare dintre ele fiind legată de frecvenţa de radiaţie a energiei şi posedând astfel atât proprietăţi de particulă, cât şi proprietăţi de undă. A dus la crearea mecanicii cuantice. Termenul este folosit azi în sens larg cu referire la toate dezvoltările teoretice ulterioare.

termodinamică, prima lege a ~ Creşterea energiei interne a unui sistem care foloseşte sau produce căldură este egală cu cantitatea de energie termică adăugată sistemului minus lucrul desfăşurat de sistem în mediul său. Este o aplicaţie particulară a principiului conservării energiei.

termodinamică, a doua lege a ~ Căldura nu trece niciodată spontan de la un corp rece la un corp cald; energia trece mereu de la formele mai utilizabile la cele mai puţin utilizabile. Este o aplicaţie specifică a principiului creşterii entropiei.

timp Planck, t_p Timpul de care are nevoie lumina pentru a traversa o lungime Planck. Matematic, se exprimă astfel: $t_p = V(hG/c^5)$ şi este de aproximativ 10^{-43} secunde.

(Vezi *unităţi Planck* pentru explicitarea simbolurilor.)

ultradarwinism Orice ipoteză care foloseşte ideea de evoluţie prin selecţie naturală a unor lucruri care nu sunt organisme şi în cadrul căreia efectele cumulative produse de-a lungul mai multor generaţii de micile variaţii aleatorii ale caracteristicilor acelor lucruri (sau ale caracteristicilor cauzate de acele lucruri) le fac să fie din ce în ce mai bine adaptate pentru a concura în vederea supravieţuirii şi reproducerii în propriul mediu înconjurător.

unităţi Planck Un sistem al scărilor absolute de măsurare, alese astfel încât constantele fizice universale au ca rezultat 1. Astfel:

$G = c = k = h = 1$, unde

G este constanta gravitaţională a lui Newton, care măsoară intensitatea forţei gravitaţionale; *c* este viteza constantă a luminii; *k* este constanta lui Boltzmann, care măsoară entropia sau gradul de dezorganizare a unui sistem închis; *h* este constanta lui Planck, adică *h*, care măsoară scara fenomenelor cuantice, împărţit la *2n*. Prin urmare, aceste constante dispar din ecuaţiile matematice ale legilor fizice care folosesc aceste scări.

univers Toată materia şi toată energia care există în dimensiunea temporală şi în cele trei dimensiuni spaţiale percepute de simţurile noastre.

univers observabil Partea din univers care conţine materie detectabilă prin observaţie astronomică. Conform cosmologiei ortodoxe actuale, această parte este circumscrisă de viteza luminii şi de timpul scurs de când materia şi radiaţia s-au decuplat cam la 380.000 de ani după ce universul s-a format în urma Big Bangului.

Upanişade Texte ce conţin învăţăturile unui mistic din India antică. De regulă se regăsesc la finalul uneia dintre *Vede*, dar se ocupă mai degrabă cu aspecte ce ţin de realitatea ultimă decât de venerarea zeilor.

Veda Înţelepciune revelată; mai exact, fiecare dintre cele patru colecţii care compun scripturile hinduse. Termen folosit de multe ori cu referire la prima şi cea mai veche parte a fiecărei colecţii, *samhita*, compusă din imnuri adresate zeilor.

viaţă Capacitatea unei entităţi închise de a reacţiona la modificările ce se produc în sine şi în mediul său înconjurător, pentru a extrage energie şi materie din acel mediu şi a transforma acea energie şi acea materie într-o activitate determinată intern care include conservarea propriei existenţe.

voinţă Folosirea minţii pentru a lua decizii.

WIMP Weakly Interacting Massive Particles sunt particule rămase în urma Big Bangului, precum neutrinii, care au de o sută de ori masa unui proton, şi altele - preferate de fizicienii particulelor pentru a explica materia întunecată. Vezi şi *MACHO*.

CREDITELE ILUSTRAŢIILOR

Figurile 3.2 şi 3.3, din The Inflationary Universe, © 1997 Alan Guth, cu permisiunea autorului.

Figura 4.1, NASA.

Figura 5.1, din A Brief History of Time, © 1988 Stephen Hawking, cu permisiunea Writers House LLC, în numele autorului.

Figura 5.2, din Facts andSpeculations in Cosmology, © Jayant Narlikar şi Geoffrey Burbidge 2008, cu permisiunea lui Jayant Narlikar.

Figura 5.3, cu permisiunea lui Paul Steinhardt.

Figura 8.1, din TheInflationary Universe, © 1997 Alan Guth, cu permisiunea autorului. Figura 8.2, NASA.

Figura 8.3, European Southern Observatory.

Figurile 8.4, 9.1 şi 9.2, NASA.

Figura 9.3, cu permisiunea International Union of Pure & Applied Chemistry.

Figura 10.1, NASA.

Figura 12.2, Dna-Dennis.

Figura 12.3, din EnvironmentalScience:Earth as a LivingPlanet, Daniel D. Botkin, Edward A. Keller (Media Support Disk), © 1999 by John Wiley and Sons Inc., cu permisiunea editorului.

Figura 12.4, NASA.

Figura 12.5, reprodusă cu permisiune după un desen original de Stephen Nelson. Figurile 12.6, 12.7 şi 12.8, The United States Geological Survey.

Figura 14.1, cu permisiunea lui Norman Pace.

Figura 14.2, Mariana Ruiz Villarreal.

Figura 14.3, The National Human Genome Research Institute.

Figura 14.4, adaptată după un desen original de Yassine Mrabet.

Figura 14.5, Yassine Mrabet.

Figurile 15.1 şi 15.2, din AtHome in the Universe, © 1995 Stuart Kauffman; figuri © 1993 Oxford University Press, reproduse cu permisiunea Oxford University Press.

Figura 16.1, John Gould.

Figurile 17.1 şi 17.2, din The Crucible of Creation, © 1998 Simon Conway Morris, cu permisiunea autorului şi a Oxford University Press.

Figura 17.3, © John Hands, digitalizată de Kevin Mansfield.

Figura 17.5, din http://web.neomed.edu/web/anatomy/Pakicetid.html.

CREDITELE ILUSTRAŢIILOR 733

Figura 17.6, din http://web.neomed.edu/web/anatomy/Pakicetid.html; illustraţie de Carl Buell.

Figura 17.7, cu permisiunea Encyclopsdia Britannica Inc., © 2011.

Figura 18.1, Trevor Bounford.

Figura 19.1, Mediran.

Figura 20.1, © John Hands.

Figura 20.2, cu permisiunea lui Douglas L. Theobald.

Figura 23.1, © John Hands.

Figura 23.2, Kathryn Delisle, reprodusă cu permisiunea lui Lynn Margulis.

Figura 24.1, adaptată după un desen de Quasar Jarosz.

Figura 24.2, © John Hands, reprodusă de Trevor Bounford.

Figura 24.3, reprodusă de Trevor Bounford după originalul lui William

Tietien.

Figura 24.5, adaptată cu permisiunea website-ului HOPES, Stanford University, https:// www.stanford.edu/group/hopes/cgi-bin/wordpress/?p=3787.

Figura 24.6, cu permisiunea http://brainmuseum.org/ and https://www.msu.edu, US National Science Foundation.

Figura 26.1, © John Hands.

Figura 26.2, cu permisiunea Encyclopsdia Britannica Inc., © 2013.

Figura 27.1, © John Hands.

Figura 28.1, Klem.

Figurile 28.2, 29.1, 29.2, 31.1 şi 31.2, © John Hands. Figura 31.1 reprodusă digital de Kevin Mansfield. Figura 31.2 reprodusă digital de Fakenham Prepress Solutions.

Acolo unde nu se menţionează permisiunile, fotografia este liberă de drepturi de autor. S-au făcut toate eforturile pentru găsirea deţinătorilor de drepturi de autor, iar autorul şi editura vor face rectificările necesare în ediţiile viitoare ale cărţii, în cazul în care le vor fi aduse la cunoştinţă eventuale omisiuni.

INDICE

Numerele de pagină scrise cu italice se referă la tabele şi la ilustraţii.
abiogeneză, 302
abundenţa elementelor, 58-59, 148
ache, populaţia, 538
acheulean, unelte din, 519
acid ribonucleic vezi ARN acidofile, 258
acidofile de peşteră, 258-259
acid dezoxiribonucleic vezi ADN
acoperişul mezencefalului, 470, 471
acreţie, 212-214, 222
adaptare evolutivă, 610, 631 A
devăruri Nobile, Cele Patru, 574
ADN, 264-266, 266, 329-331, 375; bacterii, 261-262, 397, 459; perechi de baze, 267, 378; secvenţă de baze, 266; ~ şi definirea vieţii, 249, 250; ~ şi gene, 330, 376-377, 403; homeostază, 422; ~ uman, 619; ~ deşeu, 377, 407, 448, 487; ~ mito- condrial, 510-511, 515, 518; plasmidă, 269; procariote, 262, 266, 271-272; mecanism de reparare, 459; ~ sintetic, 249; transfer, 367-368
ADN deşeu, 377, 407-408, 448, 487
ADN mitocondrial, 510-511, 515, 518
Africa, specii de animale, 363; artă rupestră, 524; modificări climatice, 529530; Egipt, 546-547, 552, 556-557, 594; Homosapiensîn ~, 527, 528; migraţie din, 528, 529-530; ipoteza originii africane recente, 511, 528; valea Riftului, 529-530; unelte, 520
Agar, William, 436
agresivitate, dualitatea naturii umane, 645, 677; primate, 387, 512, 620; reducerea ~, 633-636, 645
agricultură, 542, 627; China, 549-550; Egipt, 546; dovezi ale ~, 549; subcontinentul indian, 548, 550; Orientul Mijlociu, 544, 545
ajutor reciproc, 321-325, 388, 442, 451— 452, 457, 637
akashic, câmp, 242
Akhenaton, 557
Akilia, insula, 257
albedo, 223
alchimie, 601, 604
alelă dominantă, 326
alele, 326-327
alele recesive, 326
alopoliploidie, 367
altruism, 386, 677; definiţie, 442; comportament uman, 440, 442; ~ bazat pe înrudire, 439-441; ~ „reciproc“,442,445-446, 492
altruism bazat pe înrudire, 439-442
altruism reciproc, 441-442, 492; dovezi empirice ale ~, 445-446 Amenhotep IV, 557
aminoacizi, 267-269, 268, 427, 483; apariţia vieţii pe Pământ, 294; analiza genetică, 392; legătură peptidică, 268, 274; ~ şi replicatorii primordiali, 273277; ~ în supa primordială, 274
analiză genetică, 333, 392-394; strămoş comun, 262-264, 483; apariţia vieţii, 262-264, 482; strămoşii omului, 510, 515-516; procariote, 260-264 Anaxagoras,

571
Anaximandru, 584
Andy, O.J., 475
animale, 363, 398, 673; comportament, 388, 444, 460-464, 620; fosile, 356-359, 357; comportament asemănător celui uman, 619-624; hibridizare, 366; antrenare, 462
animism, 540
antimaterie, 66-67, 145
antropic, principiul, 284-287, 296
antropic, universul, 130-132, 134, 136, 284-287
apariţia materiei, 41-45, 195-200, 672; creaţia din nimic, 72-75; ortodoxia actuală vezi teoria Big Bangului; particule elementare, 56-57, 67, 144-145; elemente grele, 43; elemente uşoare, 42-43, 58-59; evenimentul de creare a materiei (ECM), 86-87; mituri ale originilor, 29-40; peisajul de posibilităţi al teoriei corzilor, 98-99
apariţia omului, 532-533, 673-674; cauze, 529-530, 625; caracteristici definitorii, 501-505; explicaţii ale ~, 527-528; primele urme de Homo sapiens, 518-526; dovezi insuficiente, 532, 533; conştiinţa reflexivă, 504-505, 526, 532; emergenţa sistemelor, 532, 626
apariţia vieţii, 270-272, 295-296, 482-484, 672-673; principiul antropic, 284-287, 295; strămoş comun, 262-264, 282; teoria emergenţei, 294-295; dovezi ale ~, 255-272, 482-483; explicaţii ale ~, 273296; origine extraterestră, 278-280, 296; extremofile, 258-260; teorie eronată, 663; dovezi fosile, 255-258, 483; analize genetice, 260-263, 483; proiectul inteligent, 281-283, 296; replicator primordial, 273-278; emergenţă cuantică, 287-290, 294; complexitate autoorganizată, 290-293, 295; cea mai simplă celulă, 264-270; vezi si viaţă
apă, pe Pământ, 208, 220, 222; esenţială pentru viaţă, 204-205
apeiron, 569
arbori filogenetici, 391-395, 391, 395
arche, 569
Ardipithecus kadabba, 514
Ardipithecus ramidus, 513, 530
arhee, 261, 262, 397; comportament, 459;
gene, 457; simbiogeneză, 453, 457
arheoastronomie, 555
Arhimede, 584
Aristotel, 239, 297-298, 579-580, 595
ARN, 265, 267; autoreplicant, 275-276, 295
ARN autoreplicant, 275-276, 295
Arnhem Land, platoul, 524
Arp, Halton, 110-112
artă, 522-525, 529
Ashtekar, Abhay, 85
asteroizi, şi extincţii, 260, 349-352; şi viaţa de pe Pământ, 482; moleculele organice de pe ~, 178, 198, 222
astrobiologie, 477
astronomie, 629; evoluţia ~, 596-597, 602603; bazele ~, 553-555, 563-564; măsurători, 106-108; suprimarea teoriilor alternative, 45, 89, 664-665; progrese tehnologice, 598, 602
atmosferă, 208-209, 219-220, 222; compoziţie, 207, 223, 236; oxigenare, 343, 344; primordială, 273-274

atomi, 43, 141; tipuri de legături, 176-177; structura cristalină, 177; evoluţia ~, 176; formarea ~, 172-173; în filozofia greacă, 571; în corpul uman, 166; pe Pământul nou format, 483; ~ şi interacţiunea tare, 142
Australia, primii oameni, 522; microfosile, 256
Australopithecus afarensis (Lucy), 501, 508, 514
Australopithecus, 508, 514
Australopithecus sediba, 514
autopoieză, 251
autopoliploidie, 367
Avicenna, 595, 605
Axelrod, Robert, 443
axon, 465, 466
Ayala, Francisco Jose, 354-355, 365, 392, 422
ayurveda, 595

babilonieni, astronomie, 555; apariţia medicinii, 594; matematica, 553-554; mituri despre origini, 31, 37
bacterii, 261-262, 397; selecţia artificială, 365; comportament, 381-382, 459; colaborare, 381-382; comunicare, 381; definiţie, 261; ADN, 261, 397, 459; transferul de gene, 367; gene, 456; şi oxigenul ~, 342; reproducere, 262, 337; simbiogeneză, 453-455, 457
Ball, Philip, 249
barioni, 86, 144; decuplare, 155; densitate, 59
Barrow, John, 164, 284-286
Begun, David J., 424
Behe, Michael, 282, 419
Berger, Lee, 514
Biblie, 33-34, 298, 559, 572, 583
Big Bang versus teoria universului staţionar, 42-45; vezi şi teoria Big Bangului
Big Bangul fierbinte, 55, 61, 143-150
Big Bounce, 81
Big Crunch, 77, 81-82, 162,
biochimie, 295, 375
biogeografie, 300, 310-312, 363-364
biologi evoluţionişti, 456, 478-482
biologia sistemică, 433-434
biologie moleculară, 329-333
biosferă, 185, 209, 221-226
biostrat, 203, 484, 673
bipedalism, 501, 529-530
Biserica Romano-Catolică, 44, 583, 643
Biston betularia, 370-371
Blakemore, Colin, 609
Blombos, peştera, 520
Bohm, David, 241, 616
Bohr, interpretare, 120
bonobo, 511-512
bosoni, 56-57, 139; bosonul Higgs, 56, 146-147,153; particule mesager, 142144, 146;
Bostrom, ecuaţia lui, 281

Bowler, James, 522
Boyd, Robert, 503
Boyle, Robert, 599
Brenner, Sydney, 433-434
bresle, 638
briciul lui Ockham vezi parcimonie
Broca, aria lui, 525
Brooks, Alison, 529
Brown, Kyle, 520
Brown, Peter, 517
Brunet, Michel, 513
Buddha, 574, 578
budism, 32-33, 574-576
budism mahayana, 575
budism theravada, 575
budism vajrayana, 576
Buffon, Georges Louis Leclerc, conte de, 299-300
Burbidge, Geoffrey, 44, 59, 112

Cairns-Smith, Graham, 277, 280
Calea Lactee, 150, 151, 228
candele standard, 107
Cann, Rebecca, 510
Cannadine, David, 637
Capra, Fritjof, 250-251, 617
caracteristici dobândite, 408, 426, 436, 492
carbon, 177; datare, 211, 256-257, 509510, 522; producţie, 149, 168, 171-172
Cartea morţilor, 556
câmp de inflaţie, 61, 64, 74, 153
câmp gravitaţional, 164, 189; energia în 73, 97; ~ planetar, 205, 221, 222
câmp morfogenetic, 242-243, 435-436
câmp universal de creaţie (câmpul C), 8586
câmpul C, 86-87
câmpuri holistice, 242-244
câmpuri morfice, 242-243, 435
ceas de 24 de ore, registru fosil, 341-342; evoluţia omului, 589, 640, 641
cefalizare, 470
celule, 264-270, 271
cercetarea, finanţarea, 102, 193, 664
cerebel, 470-472, 471
CERN, 601, 603
Chauvet, Jean-Marie, 522
Chauvet, peştera, 522
chimie, 604-605
China, astronomie, 555; budism, 575-576; migraţia lui Homo erectus către ~, 527; gândire filozofică, 238, 565-567, 577; gândire primitivă, 550; religie şi credinţă, 558; evoluţia aşezărilor, 550; sistemul de scriere, 552
chintesenţă, 91
chiralitate, 268
Chomsky, Noam, 461

Cicero, 569
ciclu carbonat-silicat, 225
cimpanzei, 511-512, 620, 623
cinteze, 310-312, 372-373
cinteze din insulele Galapagos, 310-313, 373-374
civilizaţia Nilului, 546-547
civilizaţia Văii Indului, 549
cladistică, 391; arbori filogenetici, 261, 391-395, 391, 395
clasificarea speciilor, 335; Aristotel, 297298, 580; Charles Darwin, 309, 313314; Linne, 298, 299
cloroplaste, 325, 455-456
cod genetic, 329, 330
coeficientul de encefalizare, 474-475
coevoluţia gene-cultură, 611, 631
colaborare, 322-324, 408-409, 451-457; bacterii, 381-382; păsări, 322-323; ~ versus competiţie, 390, 452, 457; forţată, 390; gene, 383, 449; insecte, 322, 387; mamifere, 323-324, 387; migraţie, 381; specii pluricelulare, 382; ajutor reciproc, 321-324, 388, 441-442, 451-452; ~ şi neodarwinismul, 409; comportament necompetitiv, 439-446, 492-494; organe, 382; plante, 384; reproducere, 382, 383; ~ pentru supravieţuire, 463, 673; simbiogeneză, 324-325, 452-457; ţesut, 382; specii unicelulare vezi si cooperare
colaps gravitaţional, formarea găurilor negre, 83; evoluţia stelelor, 150, 167168, 230; formarea stelelor, 150, 158-159, 170
Coles, Peter, 63
colonii bacteriene, 343
colonii ierarhice, 385
comerţ, Egipt, 547; primele urme la Homo sapiens, 521; civilizaţia Văii Indului, 549; sumerieni, 545
comete, 211; bacterii, 279; impact, 207, 220, 223; molecule organice pe ~, 222; originea vieţii, 280, 296; apa pe Pământ, 220, 222
competiţie, 388, 403, 486; evitare, 324, 451-452; versus colaborare, 389, 451, 457, 493; versus cooperare, 673, 676
complexificare progresivă, 409-417
complexitate autoorganizată, 429-431; apariţia vieţii, 290-293; sisteme vii, 250251
complexitate ireductibilă, 282-283
comportament, 485, 609-611; agresiv vezi agresivitate; altruist vezi altruism; cooperant vezi colaborare; şi conştiinţa, 458-465; reacţie directă, 460, 621; dovezi ale evoluţiei biologice, 380-390; evoluţie, 458-465; convergenţă evolutivă, 427; gene, 382-383, 446-450; uman vezi comportamentul uman; asemănător oamenilor, 619-624; înnăscut, 461; inovator, 464, 622-623; instinctiv, 386, 389, 461, 621; asocieri dintre specii, 388-389; învăţat, 387-388, 390, 436-437, 462, 621; specii pluricelulare, 382-388, 459-465; şi selecţia naturală, 438-439, 442, 450; noncompetitiv, 439-446, 492-496; reacţia la stimuli, 380; gena egoistă, 446-449, 493; social, 463-464, 622; specii unicelulare, 381-382, 459; vezi si conştiinţă; socio- biologie
comportament inovator, 464
comportament instinctiv, 389, 461, 621
comportament înnăscut, 460-461
comportament învăţat, 387, 436, 462, 622
comportament parazitar, 388

comportament social, 463-464
comportament uman, 609-611; agresivitate, 632-637, 645; altruism, 439-440, 442-443; Charles Darwin despre ~, 438-439, 451; înnăscut, 461; învăţat, 462-463, 621; instruire filozofică, 675; unicitate, 621-624
comportamentul speciilor pluricelulare, 382-389, 459-464
comunicare, 381, 464; şi cooperare, 443444; globală, 642; limbaj, 525-526, 620; parapsihică, 659; progrese tehnologice, 630, 642; dezvoltarea scrierii, 526, 551-553
comunicare globală, 642
concepte sociale, 668
conceptul de specie biologică, 335-338
condiţionare operantă, 462
constanta Lambda, 42, 61, 70, 71, 131, 661 c
onştiinţă reflexivă, 504-505, 526, 531;apariţie, 674, 475; dovezi, 504-505, 627; evoluţie vezi gândire filozofică, gândire primitivă, gândire ştiinţifică; unicitatea omului, 504, 618, 623, 673; dezvoltarea cortexului prefrontal, 668
convergenţă evolutivă, 426-428
Coran, 32, 33
cordate, 398
cortex cerebral, 471, 472
cosmologia branei, 92-98, 95
cosmologia plasmei, 199-200
cosmologia stării cvasistaţionare (CSCS), 85-89, 130, 161, 196
Coyne, Jerry, 331-332, 404; despre lucrarea lui Kettlewell, 370; despre Margu- lis, 456; speciaţie, 336-337
creaţie din nimic, 31-32, 72-75
creaţionism, 298, 371, 479, 480; şi lacunele din registrul fosil, 345
credinţă, şi arta rupestră, 522, 523; şi interpretarea datelor, 113, 114; evoluţia ~, 556-559, 560, 627; şi ştiinţă, 40, 194, 283, 480; superstiţioasă, 38, 561, 589, 599, 676
creier, 468-476; dimensiune şi inteligenţă, 473-475, vezi si sistem nervos creier anterior, 470, 471
creier posterior, 470, 471
creştinism, 126, 281, 583; şi ştiinţă, 283284, 298
cromozomi, 266, 378; duplicarea genomu- lui, 424; mitoză, 453; poliploidie, 367, 405; procariote, 266-267, 271; trans- pozoni, 376
cromozomul Y al lui Adam, 511
crustă oceanică, 215-216, 218
cuarci, 142, 144-145
cuasari, 110-111, 157
cultul strămoşilor, 542, 559
cultură umană, 503, 505
cunoaştere empirică, 614-615, 630
cunoaştere, diseminare, 598, 599-602; empirică, 614-616; limitări, 670

Darwin, Charles, contribuţie la teoria evoluţiei biologice, 307-308; corespondenţa, 304-305; Descent of Man, 308, 316, 451; descendenţă cu modificări, 308-312; dovezi ale evoluţiei, 308312; cinteze, 310-312, 372-374; despre comportamentul uman, 439, 451; şi Lamarck, 316; selecţie naturală, 309, 313-314, 319; Originea speciilor, 307310, 313-314, 317; originalitatea ideilor, 306-308; problemele ipotezelor, 318; publicaţii, 308, 313-316; promovare,

316-318; speciaţie, 314; clasificarea speciilor, 309; supravieţuirea celui mai adaptat, 316
Darwin, Erasmus, 300
darwinism, 306, 308-319; definiţie, 319; dovezi, 308-312; şi Lamarck, 316; selecţie naturală, 313-314, 404, 485; probleme ale ~, 318-319; promovare, 316-318; selecţie sexuală, 315-316; speciaţie, 314; supravieţuirea celui mai adaptat, 316; vezi si evoluţie biologică, neodarwi- nism, ultradarwinism
Darwinius masillae, 341
datare cu radiocarbon, 212, 257, 509-510
datare prin rezonanţă electronică de spin, 510
datare radiometrică, 212, 509-510 datare relativă, 509
Davies, Paul, 186, 187, 189, 246, 248, 249
Dawkins, Richard, 283, 345, 421, 446-450
Deaner, Robert, 473
Declaraţia Drepturilor Omului, 636
decoerenţă cuantică, 288
de Maillet, Benoît, 299
Democrit, 571
denisovani, 517-518
deplasare spre roşu, 42, 57-58; interpretarea datelor, 109-113; cuasari, 110113; supernovă de tip 1a, 109
derivă genetică, 328
Derricourt, Robin, 507
Descartes, Rene, 607
descendenţa omului, 391-396, 505-506, 506; evoluţia comportamentului, 460465; comportament inovator, 464; evoluţia sistemului nervos, 468-475; apariţia conştiinţei, 465-475; taxono- mie, 395-396; vezi si strămoşii omului
descendenţă cu modificări, 308-312, 318
descoperiri întâmplătoare, 44, 593
detectarea cvorumului, 381
determinism neurogenetic, 657
deuteriu, 58-59, 147-148, 148, 149, 220
dezintegrare radioactivă, 139
dezintegrarea protonilor, 145
dicyemide, 414
diferenţiere morfologică, 385
dilema prizonierului, 443-444
dilema prizonierului iterată, 444
dinozauri, 348, 351
dioxid de carbon, 220, 225
diploidie, 424
distorsiuni spaţiu-timp, 46, 47
divergenţă evolutivă, 391-392, 393
Dobzhansky, Theodosius, 328, 417, 423
domeniu ştiinţific, 649-650, 666-667
dorsală a oceanului, 215, 216
Drake, ecuaţia, 227
Drake, Frank, 226
Dresda, Codexul din, 553
dualitatea naturii umane, 645, 677
Dumnezeu, 126, 239, 583; şi creaţia, 32, 34, 281, 284; necesitate politică şi

culturală, 37; şi gândirea ştiinţifică, 40, 126, 676
duplicarea întregului genom, 424-425, 432, 495

E. coli (Escherichia coli), 365, 416
Easwaran, Eknath, 564
echilibru punctat, 412-413, 421, 488
economie vezi parcimonie
ecotipuri, 372
ecuaţii de câmp ale relativităţii generale, 42, 46, 661
efect de seră, 223, 224-225
Egipt, apariţia medicinii, 594; gândire primitivă, 546-547; religie şi credinţă, 556-557; evoluţia aşezărilor, 546-547; sistemul de scriere, 551-552
ego-antropocentrism, 618
Eimer, Theodor, 320
Einstein, Albert, 39, 51, 593; ecuaţiile de câmp ale lui ~, 42, 45-46; teoria relativităţii generale, 42, 45-46, 118-119; Manifestul Russell-Einstein, 635; teoria relativităţii restrânse, 46, 181, 182
Eisenhower, Dwight, 635
Eldredge, Niles, 353-355, 420-421
electroni, 43, 172-173; captare, 149, 172; legătură chimică, 176; răcirea universului, 149; interacţiune electromagnetică, 141; apariţie, 66; masă, 57, 174; calităţi asemănătoare particulelor, 120, 141, 173; şi principiul de excluziune al lui Pauli, 173-174; în stele, 168; expulzarea de către supernove, 158, 170, 172, 179; calităţi asemănătoare undelor, 120, 141, 173; şi interacţiunea slabă, 143
elemente, 148n, 174, 175; esenţiale vieţii, 203-205, 222; formare, 131, 147-148, 166-172, 169; grele, 43; la oameni, 170; uşoare, 43, 44, 58-59, 90; abundenţă relativă, 58-59, 148
Ellis, George, 63, 71, 116, 189, 669; despre entropia gravitaţională, 189; despre limitările ştiinţei, 137
embriologie, şi dezvoltare, 310, 364-365, 407
emergenţa sistemelor, 245, 246, 532
emergenţă slabă, 245-246
emergenţă tare, 245
emisferă cerebrală, 471, 472
Empedocle, 570
endosimbioză, 452, 455
energie, conservare, 96, 180-183; întunecată, 69-72; în câmpuri gravitaţionale, 73, 97; necesară vieţii pe Pământ, 206, 223, 224; parapsihică, 655-660; solară, 223, 225;
energie întunecată, 69-71, 183, 196
energie netă zero, 72-75
energie parapsihică, 655-660
energie vitală vezi vitalism
entropie, 184-191, 187; definiţie, 184; vezi si principiul creşterii entropiei
enzime, 269
Epicur, 581
epigenetică, 425-426
epistemologie, 586
Epoca Axială, 571
Epoca Găurilor Negre, 163

estetică, 127, 586
etică, 586, 590, 629
etologie, 380-381
eucariote, 262; comportament, 459-464; evoluţie, 456-457; fosile, 339, 343, 359; transfer orizontal de gene, 367, 379, 406, 457; în linia descendentă a omului, 397, 398; specii, 334, 339; sim- biogeneză, 453-455
Eukarya, 261, 262, 397, 456
Europa, astronomie, 553, 554, 563-564, 596-597; picturi rupestre, 522-525; migraţia lui Homo erectus către, 527; migraţia lui Homo sapiens către, 527—528; medicină, 595-596; monumente megalitice, 553; prelucrarea metalelor, 548; gândire filozofică, 238, 568-571; gândire primitivă, 547; religie şi credinţă, 553; apariţia ştiinţei, 596-599; evoluţia aşezărilor, 548, 638-639; sisteme de scriere, 551-552
Eva mitocondrială, 511, 663
eveniment de creare de materie (ECM), 86-87
evenimente fortuite, 411-412
evoluţie, a credinţelor, 556-559, 560, 627; caracteristică vieţii, 247; definiţie, 138, 297; a Pământului, 212-226, 232-234; şi mediul înconjurător, 302, 369-372, 413, 415; a gândirii filozofice, 572583; psihosocială, 645; regresivă, 414; a gândirii ştiinţifice, 599-614, 629; a stelelor, 167-169; vezi si evoluţia biologică, evoluţia materiei, evoluţia omului
evoluţia materiei, 197-200, 672; atomi, 176; Big Bang, 143-150; complexificare, 180-191; transformări ale energiei, 182-183; şi creşterea entropiei, 186-191; la scară mare, 138-165; molecule, 178, 180; nucleele elementelor, 166-172; şi legile ştiinţifice, 180-191; la scară mică, 166-179;
evoluţia omului, 626-632; agresivitate, 632-637; competiţie, 626; complexificare, 415, 642; convergenţă, 644; şi cooperare, 627, 629, 637-640; ca proces cosmic, 670-678; dualitatea naturii umane, 645, 677; registrul fosil, 358, 359; genetică, 534-535; globalizare, 640-642; hominizare, 645; noetică vezi gândire filozofică, gândire primitivă, gândire ştiinţifică; tipare, 645, 646; fizică, 534; viteza schimbării, 640, 641; progrese tehnologice, 627, 630; sub forma unui ceas de 24 de ore, 589, 640, 641;
evoluţie biologică, 484-491, 673; supoziţii, 651-652; comportamentul speciilor vii, 380-390; cauze, 401-404; competiţie versus colaborare, 389, 452, 456, 492-494; paradigma actuală, 331 -333, 402-404, 485-486; contribuţia lui Darwin, 308-319; omologia profundă, 426; dezvoltarea ideilor, 299306; teoria emergenţei, 428-429, 490; epigenetica, 425-426, 492; dovezi, 308312, 484, vezi şi fosile, specii vii; convergenţă evolutivă, 426-428; teorie deficitară, 663; cauzalitate formativă, 435-436; ipoteza Gaia, 434-435, 491; legile evoluţiei genomului, 431-432, 490; ereditatea, 326-327; proiect inteligent, 419-420; al speciilor vii vezi specii vii; biologie moleculară, 329333; ajutor reciproc, 321-324, 388, 441-442, 451-452; inginerie genetică naturală, 432-433; selecţie naturală vezi selecţie naturală; teorie neutra- listă, 423-424; ortogeneză, 319-320, 333; evoluţie paralelă, 426, 427; arbori filogenetici, 261, 391-395, 391, 395; echilibru punctat, 412, 420-421; complexitatea autoorganizată, 429-430; selecţia sexuală, 315-316; sociobio- logie, 438-450, 479-480; specie şi speciaţie, 334-338, 484; selecţie stabilizatoare, 422-423; ipoteza apariţiei bruşte, 421-422; suprimarea teoriilor alternative, 455-456, 480, 664-665; supravieţuirea celui mai adaptat, 319; simbiogeneză, 324-325, 452-456; biologie sistemică, 433-434; sub forma unui ceas de 24 de ore, 342; duplicarea întregului genom, 424-425; vezi si darwinism, neodarwinism

evoluţie biologică, legi ale, 497
evoluţie noetică, 675-676
evoluţie paralelă, 426, 427, 489
evoluţie psihosocială, 645
evoluţie regresivă, 413-414
exoplanete, 231
expansiunea accelerată a universului, 69-72, 109-110
experienţe din apropierea morţii (NDE), 656
experienţă fetală, 36
experimente mentale, gândire primitivă, 539-542; despre qualia, 609
explozie cambriană, 344, 412
extincţia în masă a speciilor, 349-352, 350
extincţia K-T, 351
extincţia terminală, 349
extincţie filetică, 349
extremofile, 258-260

fabricarea uneltelor, 416, 623
Fanelli, Daniele, 666
faună ediacarană, 468
fenotipuri, 407, 487
filozofie greacă, 578-581
filozofie greco-romană, 582
filozofie elenistică, 581-582
filozofie naturală, 586, 597, 600
Fisher, Ronald, 327, 418
fisiune binară, 337
fizicalism, 609, 630
fizică, 125, 629; apariţie, 597-598; evoluţie, 603-604, 611-614, 612; fizică teoretică, 611-613, 631-632
fizică teoretică, 611-613, 631-632
flagel, 270, 282
Fleagle, John, 518
Fleming, Alexander, 593
Flores, 517
fluctuaţii cuantice ale vidului, 73
fluctuaţiile radiaţiei cosmice de fond, 113114, 153
flux genetic, 335
foc, folosire controlată a ~, 520, 543; folosit în procesul datării, 509
folkmote, 638
forme de viaţă pe Pământ, 235-236; formarea biosferei, 221-226; sisteme vii, 250-251; condiţii necesare pentru, 203206
forţă electroslabă, 146, 613 forţă slabă, 139
forţe fundamentale, 138-143, 611
forţe naturale, 36
fosile, animale, 356-358, 357; evoluţie biologică, 309, 359-360, 484; şi darwi- nismul, 309; cele mai vechi, 341-345; eucariote, 339, 343, 360; dovezi ale apariţiei vieţii, 255-258, 482; registrul fosil, 341-345, 357, 359, 484; fraude, 340-341, 665-666; evoluţia omului, 358, 359; strămoşii omului, 502, 507508, 512-517; interpretare, 339-341, 653-654; nevertebrate, 344; lipsa de, 339, 483, 507; fosile vii, 355, 356; micro- fosile, 256; şi neodarwinismul, 353356;

procariote, 255-258; extincţii ale speciilor, 348-352; stază, 352-356, 422423; speciaţie bruscă, 352-356; de tranziţie, 345-348; sub forma unui ceas de 24 de ore, 341-342
fosile de tranziţie, 345-346
fosile vii, 355, 356, 423
fotoni, orizont de contact, 51; răcirea universului, 43, 149; interacţiune electromagnetică, 142; univers în expansiune, 51, 143-144, 147, 149; teorie cuantică, 118n
FOXP2, gena, 525-526
Friedmann, Alexander, 47
Fumane, peştera, 522

galaxii, 150; şi găurile negre, 111, 157, 228; formare, 149, 152, 154-156, 199; zonă locuibilă, 227-229; luminozitate, 68; masă, 67; care se susţin singure la nesfârşit, 162; tinere, 59
galaxii care se susţin singure la nesfârşit, 162
Galen, 595
Galileo Galilei, 597, 598 Gardner, Andy, 446
găuri negre, 163, 188; din centrul galaxiilor, 111, 157-158, 228; în apropierea găurilor negre, 86-87, 111; colapsul unei stele, 168
gândire filozofică, 587-591, 628-629, 676; în China, 238, 565-568, 577; definiţia filozofiei, 563; apariţie, 563-571, 587589, 588, 627-628; etică, 590; în Europa, 238, 568-571, 578-583; evoluţie, 572-583, 588, 589, 628; în India, 237238, 564-565, 572-576; în Orientul Mijlociu, 571-572; raţionament, 579580, 584-585
gândire primitivă, 537, 559-561, 675; astronomie şi matematică, 553-556; credinţă şi religie, 556-559, 560, 627; America Centrală, 550-551; China, 549-550; Egipt, 546-547; Europa, 547548; dovezi, 537-538, 544-551
gândire ştiinţifică, 629-632, 676; astronomie, 596, 602-603; chimie, 604-605; tendinţă convergentă, 612-613, 612, 631, 677; ştiinţele Pământului, 605; apariţie, 594-599, 629-630; evoluţie, 599-613; ştiinţele vieţii, 605-606; ştiinţe medicale, 594-596, 607, 614-615, 629; şi miturile originilor, 39-40; ştiinţe fizice, 596-599, 602-603; fizică, 597-598, 603-604; psihologie, 607611; ramificaţie, 599-601, 600, 603; rezultate, 613-617, 630; metodă ştiinţifică, 592-594; specializare, 615, 630631, 677
Geiflenklosterlen, peştera, 524
gemule, 318
gena genială, 450, 493
gena egoistă, 446-450, 493
gene, 265, 329-331; supoziţii, 652; bacterii, 456-457; comportament, 382-383; colaborare, 382-383, 448; reglarea dezvoltării, 364, 407; şi ADN, 330, 376377, 403; dovezi ale evoluţiei, 376; gena genială, 450, 493; gene Hox, 407; umane, 503, 536, 620; gene săltăreţe, 376; Mendel, 327; mutaţie, 329; genă Pax-6, 364, 427; gena egoistă, 446-450, 493
gene Hox, 407 gene săltăreţe, 376
genom, dovezi ale evoluţiei biologice, 456457; uman, 333, 378-379, 487, 619; neanderthalian, 503; ca o reţea, 429430; duplicarea întregului ~, 424-425
genom uman, 333, 378, 487; unicitate, 621
genomică, 377-379, 378
genotipuri, 407
Genyornis, 524

Geoffroy Saint-Hilaire, Etienne, 303
geologie, 214-219, 232-233
geosferă, 673, 678
gigantă roşie, 158
globalizare, 640-642
gluoni, 142
Gould, John, 312
Gould, Stephen Jay, 353, 411-412, 421422; despre ipoteza genei egoiste, 448
gradualism, 352-356, 420-421, 481; apariţia omului, 529; selecţia naturală, 275, 318
Grant, Peter, 373-374
Grant, Robert Edmond, 303, 306, 307, 318
Grant, Rosemary, 373-374
gravitaţie cuantică, 85
gravitaţie cuantică cu bucle, 84-85
gravitoni, 102, 140
Greenpeace, 641
Guth, Alan, 55, 96, 152-153; despre inflaţia eternă, 79; conjectura inflaţiei, 53; despre teoria inflaţiei, 60, 62; energie netă zero, 73, 74

hadroni, 147
Haldane, J.B.S., 273, 418, 439
Hallucigenia sparsa, 339, 340
Hamilton, William D., 439-440, 442, 443
Harrison, T.M., 219
Harvey, William, 596
Hauser, Marc, 445
Hawking, radiaţie, 163
Hawking, Stephen, 65, 74, 113; univers fără hotare, 76-78
Hawks, John, 534
Hengeveld, Rob, 428
Heraclit, 570
Heylighen, Francis, 409
hibridizare, 338, 366; poliploidă vezi poli- ploidie; ipoteza originii africane recente şi ~, 528
hidrogen, 148, 149
hidrosferă, 208, 219-220
Higgs, bosonul, 56, 146-147, 153
Higgs, câmpul, 153
Hilbert, David, 121-122
Hill, Kim, 538
hinduism, 572-573; mituri ale originilor, 29-30, 31-32
hipnotism, 659
Hippocrate, 595
hobit (Homo floresiensis), 517
Hohle Fels, peştera, 523
hominide, 399
hominine, 399, 513-514
Homo, genul, 399, 515-518
Homo erectus, 517, 527, 528
Homo floresiensis (hobit), 517

Homo habilis, 515
Homo heidelbergensis, 530
Homo neanderthalensis, 515-516, 527-528
Homo rudolfensis, 515
Homo sapiens, 299, 400, 504, 625; în Africa, 527, 528; cele mai vechi urme, 518526; în registrul fosil, 359, 508; încrucişare, 518, 528, 534; migraţie, 527; neocortex, 475-476; capacitate de supravieţuire, 415, vezi si strămoşii oamenilor, oameni
Hooker, Joseph, 305
Hoyle, Fred, 283; panspermie direcţionată, 279; ostracizat, 45, 665; nucelosinteză stelară, 59, 87, 171
Hubble, constanta, 57, 108 Hubble, Edwin, 42
Hurtado, Magdalena, 538-539
Hurum, Jorn, 340-341
Hutton, James, 300-301, 605
Huxley, Julian, 328, 333, 417, 644, 645
Huxley, Thomas, 321
Hymenoptera, 384-386

Ichthyolestes, 347-348, 347
idealism, 616, 632
idei netestabile, 579
identitate genetică, 619
ierarhie socială, 537, 560, 627, 674-675; în Egiptul antic, 546; la cimpanzei, 512, 620; la civilizaţia Văii Indului, 549
Ieremia, 571, 572
Ierihon, 542, 544
imagistică cu raze X, 606
India, apariţia medicinii, 595; gândire filozofică, 238, 564-565, 572-576; religie şi credinţă, 557; vezi si civilizaţia Văii Indului
inflaţie, 145; haotică, 54, 79, 129; şi radiaţia cosmică de fond (RCF), 62; eternă, 79; şi formarea structurilor, 153
inginerie genetică, 607; naturală, 432, 491
inginerie genetică naturală, 432-433
insecte, comportament, 384-386; colaborare, 322, 384-386; eusocialitate, 427
insecte sociale, comportament, 322, 385; colaborare, 384-385
instinct, 561
inteligenţă, 324; şi dimensiunea creierului, 473-474; definiţie, 464; gene, 383; umană, 416; şi sistemul nervos, 473476; primate, 388, 464
inteligenţă cosmică transcendentă, 676
interacţiune electromagnetică, 131, 141, 611; forţa electroslabă, 146, 613
interacţiune gravitaţională, 140, 141; parametri cosmologici, 131-132; şi materia neagră, 67-68, 155; Pământul şi Luna, 221, 233, 234; şi entropia, 188, 189; formarea galaxiilor, 152, 154, 155, 199; formarea planetelor, 212; distorsiunea spaţiului-timp, 46, 47
interacţiune slabă, 143
interacţiune tare, 142-143
interpretarea datelor, 108-117, 123, 196, 480; şi credinţa, 113, 114; afirmaţii exagerate, 114-115; subiectivism, 652653
intuiţie, 590; antică, 238-239; artistică, 587; etică, 587; matematică, 587; şi

ştiinţa modernă, 242-244; mistică, 38, 587, 617; mituri ale originilor, 37; gândire filozofică, 584-585, 587; psihologică, 587; ştiinţifică, 587
intuiţie artistică, 587
intuiţie etică, 587
intuiţie matematică, 587
intuiţie mistică, 38, 587, 617
intuiţie psihologică, 587
intuiţie ştiinţifică, 587, 593
inversul efectului cuantic Zenon, 289
ipoteza apariţiei bruşte, 421-422
ipoteza Gaia, 225, 434-435, 491
ipoteza impactului gigantic, 221, 232-234
ipoteza nebulară, 158-159, 159; formarea planetelor, 212, 222, 231
ipoteza nebuloaselor stelare, 158-159, 159; formarea planetelor, 211-212, 222, 230-231
ipoteza originii africane recente, 511, 527; cu hibridizare, 528
ipotezele câmpurilor, 241-244
Isaia, 559, 571, 572
Israel, 521, 522, 527
izolare geografică, 336-337
izotopi, 147n

încrucişare, 337-339, 518, 528; ecotipuri, 372
întrebări metafizice, 124-126, 669
învăţare socială, 388, 390, 452

Jablonski, Nina, 530
jainism, 33, 573-574
James, William, 607
Jaspers, Karl, 571
Jerison, Harry, 474
Johanson, Donald, 501
Jolicoeur, Pierre, 475
Jones, Steve, 535

Kauffman, Stuart, 290-293, 291, 292
Keeley, Lawrence, 538
Kekule, August, 593
Kepler, Johannes, 601
Kettlewell, Bernard, 369-371, 419, 663
ki, 238
Kimura, Motoo, 423
Klein, Richard, 528
Koonin, Eugene, 431-432
Koslowski, Peter, 448 Kropotkin, Piotr, 320-324, 332, 388, 451452, 637
Kuhlenbeck, Hartwig, 474
Kunz, Martin, 71

Lahr, Marta Mirazon, 473
Laland, Kevin, 387, 388, 464
Lamarck, Jean-Baptiste, 301-303, 316, 319, 320

lamarckism, 301-303, 332, 426, 436
Langley, Charles H., 424
lanţ proton-proton, 166
Laozi, 567
Lascaux, peştera, 522, 523
Laszlo, Ervin, 242
Lavoisier, Antoine, 604
Leakey, Richard, 339, 518
LeBlanc, Steven, 538
legătură ionică, 176
legătură metalică, 176-177
legătură peptidică, 268, 274
legătură Van der Waals, 177
legături chimice, 176-177
lege ştiinţifică sau naturală, 181
legea interpretării datelor, 116-117, 341, 371, 653
legi ale evoluţiei genomului, 431-432
legi ale fizicii, 124-125
lentilă gravitaţională, 156
Leptoni, 145, 146; vezi si electroni
Lerner, Eric, 89-90, 109
Lewin, Roger, 339
Lieu, Richard, 71, 115
lilieci vampiri, 445
limbaj, 525-526, 552-553
limitările metodelor, 654
limitările observaţiei, 649-650
Linde, Andrei, 53, 54, 60, 96;
inflaţie haotică, 78-79
Linne, Carl, 298
Linne, sistemul taxonomic al lui, 298, 299
Lippershey, Hans, 598
litosferă, 214-219
logică, 586
Lorenz, Konrad, 380
Lovejoy, C. Owen, 513
Lovelock, James, 225, 434
Lucy (Australopithecus afarensis), 501, 507, 514
Lumea ARN, 275
Lună, 207, 219; formare, 221, 232-234
lungime Planck, 144
Lyell, Sir Charles, 304-305, 316

MACHOs (Massive Compact Halo Objects), 68
Maddox, John, 44, 64, 243-244
magnetosferă, 209, 210, 213-214, 222
Magueijo, João, 79-80, 100, 115
Mahavira, 573
Majerus, Michael, 370-371
Malapa, peştera, 514
mamifere, 398; creier, 470-472, 470, 475476; colaborare, 323-324, 387-388;

evoluţie, 345-347, 346,347, 356-358; fosile, 356-358; hibridizare, 366-367
mamifere placentare, 359
Manethon din Sebennytos, 546
Manifestul Russell-Einstein, 635
Marcus Aurelius, 582
maree, 234
Maresca, Bruno, 422
Margulis, Lynn, 434, 453-456, 665
marile teorii unificate (MTU), 67, 144-145
Marte, 232
masă, Pământ, 222; electroni, 57; estimare, 68; galaxii, 68; Planck, 86; ~ a unei planete pentru a permite viaţa, 205, 222; stele, 68
masă Planck, 85
matematică, 122, 125-126, 553-556
materialism, 239, 281, 609
materie, şi antimaterie, 66-67, 145; creare, 66- 67, 85-88, 143-144; întunecată, 67- 68; apariţie vezi apariţia materiei; evoluţie vezi evoluţia materiei; cenuşie, 471, 472; raportul observat dintre materie şi radiaţie, 66-67
materie cenuşie, 471, 472
materie întunecată, 67-68, 154-157, 196
Matthew, Patrick, 303, 307
Maya, civilizaţia, 550-551; astronomie, 555; religie şi credinţă, 558;
Mayr, Ernst, 328, 335, 405, 416
măsurarea distanţelor, 106-107
McBrearty, Sally, 529, 530
McFadden, Johnjoe, 274, 276, 287-288; viaţa cuantică, 252-253
mecanică cuantică, 172-173, 677
Medecins Sans Frontieres, 641
medicină alternativă, 240-241, 243
medicină chineză, 238, 240, 594
mediu înconjurător, schimbare, 412, 415; şi evoluţia, 302, 369-372, 415; modificări adaptative reversibile, 372, 486
megaliţi, 547-548
megavers, 103, 135
Mehrgarh, 548
membrană plasmatică, 270
Mendel, Gregor, 326- 327
Mendel, legile lui ~, 327
Merejkovski, Konstantin, 324, 325, 452
Mesopotamia, 545-546
metafizică, 581, 586
metafore în miturile despre origini, 34
meta-univers, 126
meteoriţi, 178, 222, 351
metilare, 425-426
metodologie deficitară, 663
Metrarabdotus, 354
Mexic, 550-551
mezencefal, 470, 471
microfosile, 256 microlite, 520
migraţie, 527-528

minte, 610, 657
mitocondrii, 325, 454, 456
mitoză, 453
Mittaz, Jonathan, 115
mituri ale originilor, 29-40; ou cosmogonic, 30; creaţie din nimic, 31-32; dovezi, 39; explicaţii, 33-37; nevoie politică şi culturală, 37
moarte termică, 164
model inflaţionar cu fluctuaţii cuantice al Big Bangului fierbinte, 670
model multiregional, 527
modele ale universului etern, 196; universul oscilant, 81, 130; inflaţia haotică, 54, 78-79, 130; universul ekpyrotic, 92-98, 95, 130; gravitaţia cuantică cu bucle, 84-85; cosmologia plasmei, 89-90; cosmologia stării cvasistaţio- nare (CSCS), 85-89
modelul inflaţionar haotic, 54, 78-79, 129
modelul materiei întunecate reci, 155157
modelul standard al fizicii particulelor, definiţie, 56; crearea materiei, 66-67
modificări adaptative reversibile, 372, 486
mohism, 566
Mojzsis, Stephen, 219, 256-257
moleculă de apă, 204-205
molecule, metode de legare atomică, 176177; structuri cristaline, 177; interacţiune electromagnetică, 141-142; entropie, 188; esenţiale pentru viaţă, 203- 205, 483; evoluţie, 178, 179; organice, 178, 179, 198, 222; origine terestră, 222; primordiale, 188, 296; autorepli- cante, 273-278; în spaţiu, 178, 198
molecule organice, 178, 179; în comete, 222; origine terestră, 222; în spaţiu, 178, 198
molie de mesteacăn (Biston betularia), 369372
monism, 608, 616
monoteism, 557, 558
morfogeneză, 435-436
morminte, egiptene, 546-547, 556;
morminte cu pasaj, 548, 553
Morowitz, Harold, 294, 428-429
Morris, Desmond, 502
moştenire epigenetică, 425-426
moştenire nongenetică, 408 Motl, Lubos, 101
multivers, conjecturi despre, 103, 133, 136, 286
multivers cosmologic moderat, 134-135
multivers cosmologic slab, 81-84, 134
multivers cosmologic tare, 135-136
multivers cuantic, 133-134
mutaţii genetice, 332, 411

Naqada, populaţia, 546
Narlikar, Jayant, 85-89
Narmer, 546
natufieni, 544
natură, forţe fundamentale, 139-143; a matematicii, 125-126; a fizicii, 125; variaţii în ~, 309
natură umană, 610-611, 645, 677
Naţiunile Unite, 635

neanderthalieni, 515-516, 517-518, 527528; genom, 503
neocerebel, 471, 472
neoconfucianism, 577
neocortex, 471, 472, 475-476
neodarwinism, 327-328, 664; ideea de specie biologică, 335-339; puneri în discuţie, 419-422; şi colaborare, vezi colaborare, sociobiologie; dovezi contrarii, 664; paradigma evoluţionistă actuală, 331-333, 402-404, 485-486; apărare, 422-424; definiţie, 329; şi psihologia evoluţionistă, 631-632; incapacitate explicativă, 404-417, 486-487; dovezile fosile, 353-356; selecţia naturală, 328, 401-404, 485-486; evoluţia speciilor, 486; vezi si evoluţie biologică, darwinism
Ness of Brodgar, 548
neuroni, 465-467; comportament, 609; conexiuni, 467; creier uman, 473; structură, 466
neuroni senzoriali, 466, 470
neuroplasticitate, 472
neuropsihologie, 608-609, 631
neurotransmiţători, 466
neutroni, 43, 56
Newgrange, mormântul cu pasaj, 548, 553, 556
Newton, Isaac, 139, 140, 597, 601, 602
Noble, Denis, 433
nod Ranvier, 465, 466
noosferă, 644
nucleoni, 139
nucleosinteză, 43, 131; teoria Big Bangu- lui, 58-59, 148-149, 148; stelară, 87, 149-150, 166-172
nucleosinteză stelară, 59, 87-88, 149-150, 166-172
oameni de ştiinţă, 615-616; şi credinţa, 39-40, 193-194, 282, 479-480; cooperare, 599; creşterea specializării, 615; legea interpretării datelor, 653; comportamentul discutabil, 80, 89, 101, 456; vezi si suprimarea teoriilor alternative
obiecte cvasistelare (OCS), 110
oceane, 220
Ohno, Susumu, 424
om, 399-400; atomi în ~, 166; comportament vezi comportament uman; creier, 472-473, 471, 475-476; definiţie, 504; caracteristici definitorii, 501-505; ADN, 619; compoziţie elementară, 170; apariţie vezi apariţia omului, strămoşii omului; endosimbioză, 455; evoluţie vezi evoluţia omului; şi creşterea complexităţii, 415; inteligenţă, 416, descendenţă vezi descendenţa omului; migraţie, 528, 530; selecţie naturală, 534-536; comparaţia cu neanderthali- enii, 515-516; unicitate, 504, 618-624; vezi şi Homo sapiens
Omega (parametru de densitate), 48, 52, 53, 67-68, 131
omologie profundă, 426
organe rudimentare, 310
organizaţii nonguvernamentale, 641-642
origine extraterestră a vieţii, 278-280, 296
Originea speciilor, 307-310; biogeografie, 312; selecţie naturală, 313-314; promovare, 316-318
originea universului, 41-45; vezi si teoria Big Bangului orizont vizual, 106, 650
orizontul particulei, 106, 650

Orkney, insule, 548
Orr, H. Allen, 335, 336-338, 406
Orrorin tugenensis, 513
ortogeneză, 319-320, 332
Oued Djebbana, peştera, 521
Ovrut, Burt, 92

Paabo, Svante, 517, 525
Pakicetus, 347
Pan paniscus (bonobo), 511-512
Pan troglodytes (cimpanzeu), 511-512
pangeneză, 318
panspermie, 278-279
panspermie direcţionată, 279
paradoxurile lui Zenon, 571
parametri atomici, 174
parametri nucleari, 171-172
parametru pentru densitate (Omega), 48, 52-53, 67, 131
parcimonie, 94, 127-128, 136
Parmenide, 570
partenogeneză, 337
particule elementare, 56, 67, 144-145; şi interacţiunile fundamentale, 138-143; materie primordială, 161, 164, 672; vezi si bosoni, electroni, leptoni, neutroni, fotoni, protoni particule fundamentale vezi particule elementare
particule mesager, 141, 142, 143, 144, 145, 146
particule Planck, 85-86
Pavlov, Ivan, 462
Pax-6, gena, 364, 427
Pământ, 207-210; faza de acreţie, 212213; albedo, 223; atmosferă vezi atmosferă; înclinare axială, 208, 234; biosferă, 185, 209, 221-226; condiţii necesare vieţii, 222, 235-236, 477, 482; nucleu, 213, 232; scoarţă, 214-219, 232; datare, 211; surse de energie, 206, 223, 225; dovezi ale formării, 210-211; evoluţie, 213-226; formare, 210-226, 232-236; ipoteza impactului gigantic, 221, 232-234; interacţiune gravitaţională, 227; radiaţii nocive, 222; hidro- sferă, 208, 219-220; impact cometar, 220, 222-223; structură internă, 208, 209, 213, 214-215; manta, 214, 217218, 217; masă, 222; formarea Lunii, 221, 232-234; originea apei, 219-220, 222; plăci tectonice, 214-219, 232-233, 363-364; rotaţie, 233; văzut din spaţiu, 640; este special?, 226-234; stabilitatea condiţiilor, 224-225, interval de temperatură, 223-224
părinţii lumii, 31, 36
păsări, 322-323, 372-373, 442, 623; cinteze, 310-311, 372-373
peisaj de posibilităţi, 98-99, 129
Penrose, Roger, 65, 78, 99, 125, 186, 188189
peptide, 269; autoreplicante, 276, 287-290, 295
peptide autoreplicante, 276, 288-290, 295
percepţie extrasenzorială (ESP), 658
Persinger, Michael, 658
Philosophie zoologique, 301-302
picturi rupestre, 522-523, 524
pili, 270
Pinker, Steven, 620, 634

Pitagora, 569-570
pitagoreici, 569-570
Planck, Max, 617
planete, impactul cu comete şi meteoriţi, 207; condiţii necesare vieţii, 203-207, 482; surse de energie, 206-207; exoplanete, 230-231; formare, 211-212; câmp gravitaţional, 205, 221-222; radiaţii nocive, 207; masă esenţială pentru existenţa vieţii, 205, 222; condiţii stabile, 207; temperatură, 206
planetezimale, 159, 212, 219-220
plante, 366-367, 384; registru fosil, 359
plasmă, 172
plasmid, 270
Platon, 578-579
Plotin, 582
pneuma, 238
poliploidie, 338, 367-368, 424; contrazice neodarwinismul, 405, 489
Potts, Rick, 531
prana, 238
prelucrarea metalelor, 543; China, 550; Egipt, 547; Europa, 548
Price, Derek de Solla, 613
Price, George, 440, 441
Price, Pat, 658
primate, 399; agresivitate, 387, 511-512, 619-620; comportament, 387-388, 464, 619-620; creier, 471, 472, 475-476; colaborare, 387; comportament asemănător omului, 620, 621-624; comportament inovator, 464; inteligenţă, 388; limbaj, 620-621
principiul antropic slab (PAS), 285
principiul antropic tare (PAT), 285
principiul creşterii entropiei, 183-184; contradicţii, 184-191, 199; şi evoluţia materiei, 187-191; limitări, 655;
principiul de excluziune al lui Pauli, 173174, 179; echivalent biologic, 294296, 430
principiul incertitudinii, 649-650
problema orizontului, 51
procariote, 255, 272, 334; comportament, 459; perete celular, 269-270; cromozomi, 266-267; citoplasmă, 269; ADN, 262, 266-267; părţi externe, 270; ex- tremofile, 258-260; fosile, 255-258; funcţionare, 264-269; transfer de gene, 367, 379, 406; analiză genetică, 260264; plasmidă, 269; formele proteinelor, 270; ribozom, 267; ARN, 265, 267; dimensiune, 264
progres evolutiv, 416-417
progrese tehnologice, 606, 630; astronomie, 598, 602; evoluţia omului, 627, 630; ştiinţele vieţii, 605-606; ştiinţe medicale, 607; gândire primitivă, 542-551, 626-627; gândire ştiinţifică, 598-603, 605-606
proiect inteligent, 281-285, 296
Proiectul „Genomul Uman“, 377-378
proiectul Stargate, 658
proteine, 269, 295, 331, 483; şi analiza genetică, 392; schimbare de formă, 270; sinteză, 267, 272
protoctiste, 453-454
protoni, 43, 56; interacţiune electromagnetică, 131; apariţie, 66; univers în expansiune, 145, 148; nucleosinteza elementelor, 131, 166, 169; producere de ~, 147-148; raportul cu fotonii, 66; interacţiune tare, 142; raportul cu masa

electronilor, 174; interacţiune slabă, 143
protoplanetă, 212
Protsch, Reiner, 341
pseudoextincţie vezi extincţie filetică
pseudoştiinţă, 243-244
psihokinezie, 656
psihologie, 607-611; evoluţionistă, 610611, 631, 652; neuropsihologie, 608609, 631
psihologie evoluţionistă, 610-611, 631, 652
psyche, 238, 239, 568, 569, 580
Pugwash, conferinţe, 635

Qafzeh, peştera, 521
qi, 238
qualia, 609
Quinton, Anthony, 584

radiaţie, 66-67; nocivă pentru viaţă, 207, 222
Radin, Dean, 659
radiotelescop, 602
Ramachandran, V.S., 609
Ramapithecus, 508
Rasanen, Syksy, 71
rasă, 374, 400, 534, 644
raţionament, 628, 676; aristotelic, 580; gândire filozofică, 587-591, 628-629, 676
război, şi conflict, 674-675, 677; artefacte, 538-539, 545-546; rata mortalităţii, 538-539, 633-634; vânători-culegători, 538, 633-634; conştiinţa publică, 634635; şi violul, 528; reducerea agresivităţii, 634-637; religioase, 633; reconstrucţia aşezărilor, 544-545; rămăşiţe osoase, 538, 546; dovezi scrise, 545, 549
reacţie la stimuli, 247-248, 462, 465; pentru supravieţuire, 459, 461; vezi si sistem nervos
Reader, Simon, 388, 464
realitate fundamentală, 675; Brahman, 32, 39, 564; Dao, 32, 567; în filozofie, 563; metafizică, 586;
realitatea absolută, 35
realitatea lumii cuantice, 120-121
Reanney, Darryl, 36
reducţionism, 244-245, 616, 630; limitări, 654
reiki, 240
reîncarnare, 569, 573, 575
relativitate generală vezi teoria relativităţii
relativitate restrânsă vezi teoria relativităţii
relaxină, 393
religie, dezvoltare, 556-559, 560, 627; Biserica Romano-Catolică, 44, 583, 643; şi ştiinţa, 40, 283, 284, 676-677; şi război, 633, 675; vezi şi mituri ale originilor
Renfrew, Colin, 524
replicator de argilă, 277-278, 296
replicatorul piritelor de fier, 278

reproducere asexuată, 262, 337-338, 405406
reproducere, asexuată, 262, 337, 405-406; transfer de gene, 327, 332, 338, 406; sexuată, 262, 487
reproducere sexuată, 262, 492
retroacţiune biotică, 225
retrodicţie, 23
reţeaua vieţii, 250-252
revoluţie ştiinţifică, 598, 629; vezi si revoluţie ştiinţifică, a doua revoluţie ştiinţifică, a doua, 603, 631, 632, 677
ribozime, 276
ribozom, 267, 271
Richerson, Peter, 503
Rig Veda, 29, 31
romani, 238, 554, 582
Rontgen, Wilhelm, 593
Roughgarden, Joan, 450
ruah, 238
Rubey, William, 219
ruperea simetriei, 56, 144, 145
Russell, Bertrand, 563-564, 569, 635
Rutherford, Ernest, 603

Sagan, Lynn, vezi Margulis, Lynn
Sahelanthropus tchadensis, 513
Sarma, D.S., 565
Scarpa, Riccardo, 156-157
schimbare de paradigmă, 193-194, 478, 481
Schopf, Bill, 256, 257
Schrodinger, Erwin, 39, 329, 617
Schwann, celule, 465, 466
Schwartz, Jeffrey H., 394, 421
scolastică, 583 scriere glifică, 553
scris, 526, 551-552
selecţie artificială, 365-366
selecţie grupală, 438-439
selecţie naturală, acceptare, 319; şi comportament, 438-439, 442-443, 450; evoluţie biologică, 313, 485; darwi- nism, 306, 308-319; definiţii, 313-314, 404; dezvoltarea teoriei, 300-301, 303304; dovezi în favoarea, 369-370; gra- dualism, 275; specia umană, 536; şi creşterea complexităţii, 411, 420; neo- darwinism, 327-328, 401-404, 485-486; autoreplicatori primordiali, 275-276, 289-290; ultradarwinism, 447; a universurilor, 81-84, 129, 134
selecţie sexuală, 315-316
Shapiro, James, 432
Sheldon, Peter, 353
Sheldrake, Rupert, 242-243, 435-436
Shramana, 573-576
Shubin, Neil, 426
Siddhartha Gautama, 574-575, 578
simbiogeneză, 324-325, 452-457, 494
simbioză, 441-442, 452
simboluri, 516, 520-521, 548; scris, 526, 551-552

simetrie bilaterală, 468
Simplicius, 568-569
simplitate vezi parcimonie
Simpson, George Gaylord, 328, 414, 417
sinapse, 466
singularitate, 65
sinteză modernă, 328; vezi si neodarwi- nism
sistem nervos, 465-468; autonom, 470472; central, 468-473; difuz, 468, 469; evoluţie şi dezvoltare, 468-476; în descendenţa omului, 468-476; şi inteligenţa, 473-476; neuroni vezi neuroni; periferic, 468-474; somatic, 470
sistem nervos central, 468-473
sistem nervos difuz, 468, 469
sistem nervos periferic, 468-473
sistem solar, 158, 211-212, 220, 231
sisteme de clasificare, 309, 335; Aristotel, 297-298; Linne, 298, 299
sisteme de guvernare, 638-639; China, 549-550; Egipt, 546-547; Europa medievală, 638; sumeriene, 545
sisteme de scriere, 551-552
Sivapithecus, 508
Skhul, peştera, 521, 522
Skinner, B.F., 462
Smith, Fred, 527
Smolin, Lee, 81-84, 101, 126, 135; definiţie a vieţii, 250
Soare, 24-25, 107, 151, 229
Societatea Regală, 599
societăţi umane, 676, 678
sociobiologie, 438-451, 479-480; comportamentele de bază, 443; dovezi empirice, 445-446; teoria jocurilor, 442-445, 661; gena genială, 450, 493; selecţie grupală, 438-439; valoare selectivă in- clusivă, 439-441; altruism reciproc, 441-442, 492; gena egoistă, 446-450, 493; vezi si comportament
Socrate, 578-579
sparticulă, 102
speciaţie, 403, 404-405, 487; alopatrică, 336; evoluţie biologică, 484-491, 673; colaborare, 457; Darwin despre ~, 314315; definiţie, 374; registru fosil, 353356; imediată, 405; procariote, 457; bruscă, 352-356, 404-405
speciaţie alopatrică, 336-338
specie, 673; selecţie artificială, 365-366; definiţie, 374; ecotipuri, 373; distribuţie geografică, 310-313, 363-364; stază morfologică, 352-356; neodarwinism, 486; modificări reversibile, 365-366, 486
specie tetraploidă, 369, 424
specii unicelulare, comportament, 381382, 459; colaborare, 381-382; vezi si procariote
specii vii, biochimie, 375; biogeografie, 363-364; modificările speciilor, 365375; embriologie şi dezvoltare, 364365; dovezi ale evoluţiei biologice, 361-379; genetică, 375-377; genomică, 377-379, 378; structuri omologe, 361362, 362; deducerea comportamentului homininilor pornind de la ~, 511-512; vestigii, 362-363, vezi si forme de viaţă pe Pământ
spirit (forţă vitală), 540
spiritus, 238
Spoor, Fred, 514
Sproul, Barbara, 34-35

Stadel, peştera, 523
stază, 352-356, 422-423, 673; şi neodarwi- nism, 404-405
stea neutronică, 168, 230
Stebbins, G. Ledyard, 422
Steinhardt, Paul, 54, 91-98, 153
stele, sinteza elementelor, 166-172; evoluţie, 149-150, 167-169; colaps gravitaţional, 149-150, 167-168, 230; luminozitate, 68; masă, 67-68; potrivite pentru dezvoltarea vieţii, 229230
Stephan, Heinz, 475 stoici, 582
Stonehenge, 468, 469, 553
Stoneking, Mark, 510
strămoş comun, 262-264, 267, 397; din proiectul inteligent, 281-282; organe şi dezvoltare, 310, 364; arbori filoge- netici, 392, 395
strămoş comun universal, 262-264, 375, 397, 483
strămoşii omului, 505-519, 506; comportament dedus pornind de la speciile actuale, 511-512; dovezi bazate pe datare, 515-517; metode de datare, 509510; denisovani, 517-518; probleme ale dovezilor, 506-513; fosile, 502, 508, 513-514-517; analiză genetică, 510-511, 515-518; hobiţi, 517; homi- nini, 513-515; genul Homo, 515-518; neanderthalieni, 503, 515-516, 518519, 528; datare radiometrică, 510; datare relativă, 509 vezi si apariţia omului, descendenţa omului
Stringer, Chris, 502, 510, 521, 527-528, 530
stromatolite, 342
structură, sisteme vii, 251; procariote, 264-269, 265
structuri ale universului, 55, 130-131, 150151, 165; cauze, 152-161, 199-200; evoluţie viitoare, 161-165
structuri omologe, 361-362, 362
subducţie, 218
subiectivitate, 651-654
subspecie, 374
substrat bidimensional, 276-277
sumerieni, 545-546, 552-554
supercontinente, 218-219
supergigantă roşie, 168, 169
supernovă, 109, 168
supernovă de tip 1a, 69, 109, 164, 661
superroiuri, 55, 152
supersimetrie, 99
superstiţie, 38, 561, 589-590, 599, 676
supoziţii simplificatoare, 46-47, 55, 651
supravieţuire, a celui mai adaptat, 315; autoconservare, 460; şi interacţiunea socială, 463-464
suprimarea teoriilor alternative, 664-665; astronomie, 44-45, 89, 664-665; de către teoreticienii corzilor, 101, 664; cosmologie, 44-45, 71, 110-111, 114, 192; biologie evoluţionistă, 456, 479-480, 665; geologie, 215-216; dificultăţi în a publica, 80, 215, 453, 455-456, 664
suricate, 387
Susskind, Leonard, 98, 101, 116
Swann, Ingo, 658

şamanism, 541

şcoli de gândire, budistă, 574-576; filozofie chineză, 566-567, 577; filozofie greacă, 570-571, 579-582; filozofie indiană, 572-575
ştiinţă, 24, 592-594; şi intuiţia antică, 240-244; şi credinţă, 40, 193-194, 283, 480; selecţie părtinitoare a datelor, 662-663; descoperiri întâmplătoare, 44-45, 593; date, 651; vezi si interpretarea datelor; deficitară, 660-666; afirmaţii exagerate, 114-115, 661-662; metodologie deficitară, 663; fraudă, 341, 445, 665-666; instituţionalizată, 665; limitări, 123, 666-669, 670-672; măsurători, 106-108, 649-650; metodă, 592-594; reducţionism, 244245, 616, 630; şi religie, 39, 283, 284, 676-677; subiectivitate, 651; teorie, 654-655
ştiinţele fizice, 594; apariţie, 596-599; evoluţie, 602-605
ştiinţele medicale, 614-615, 629; apariţie, 594-595; evoluţie, 607
ştiinţele Pământului, 605 ştiinţele vieţii, 594, 629; evoluţie, 605-606

tabel periodic, 174, 175
Taforalt, peştera, 521
talasemie, 416
Targ, Russell, 658
taxonomie, 298, 299, 335; descendenţa omului, 395-396, 397-400
tectonica plăcilor, 216-219, 232; şi biogeo- grafia, 363-364
tectum, 470, 471
Tegmark, Max, 121, 125, 135-136
tehnologie, definiţie, 592
Teilhard de Chardin, Pierre, 333, 644
telepatie, 658
telescop, 231, 598, 602; date ale telescopului Planck, 116
telescop reflector, 602
telescop refractor, 598, 602
Telescopul Hubble, 603
temperatură necesară vieţii, 206, 223-226
teoria Big Bangului, 195, 670-671; teoria fundamentală, 54-59; energia întunecată, 69-71; materia întunecată, 6768; dovezi, 57-59, 62-64; evoluţia materiei, 143-150; supoziţia omogenităţii, 46-48, 55; Big Bangul fierbinte, 54-55, 61, 143-150; inflaţia, 145; teoria inflaţiei, 53-54, 60-64; supoziţia izotropiei, 47, 55; nucleosinteză, 58-59, 148; raportul observat dintre materie şi radiaţie, 66-67; probleme ale ~, 4852, 65-74; testul rezonabilităţii, 129; relativa abundenţă, 58-59, 148; credibilitate, 54-57; supoziţii simplificatoare, 46-47, 50, 651; singularitate, 65-66; baza teoretică a ~, 45-48
teoria corzilor, 92-103; fundament empiric, 102; inadecvare, 99-101; peisajul de posibilităţi, 98-99; teoria M, 92, 98, 100; probleme ale ~, 99-103; caracterul rezonabil al ~, 135; suprimarea teoriilor alternative, 664-665
teoria emergenţei, 294-295, 428-429, 490
teoria inflaţiei, 53-54
teoria jocurilor, 442-445, 661
teoria M, 92, 98, 99, 100
teoria relativităţii, 118-119, 651, 655; ecuaţii de câmp, 42, 46, 661; teoria relativităţii generale, 41-42, 45-46, 118-119, 140; teoria relativităţii restrânse, 39, 46, 181, 182
teoria tuturor lucrurilor, 99, 144
teoria universului staţionar, 42; cosmologia stării cvasistaţionare (CSCS), 8589, 130, 161, 196
teorie, definiţie, 24; deficitară, 663-664; limitări, 654-655

teorie cuantică, 84, 172-173, 632; caracter incomplet, 118; infiniţi, 121-122; limitări, 655; şi intuiţia mistică, 616
teorie deficitară, 663-664
teorie neutralistă, 423-424
teorie ortodoxă, Big Bang versus teoria universului staţionar, 42-45; evoluţie biologică, 331-333, 402-404, 485-486; cosmologie vezi teoria Big Bangului; opinii contrare, 44-45, 101, 197, 480481; geologie, 214, 232-233, 663; vezi si suprimarea teoriilor alternative
teorii holistice, 242-244, 491
termite, 322, 384
termodinamică, prima lege a, 181-182
termodinamică, a doua lege a, 183-184
termodinamică, a treia lege a, 186
termofile, 258-260
termofile de suprafaţă, 258
termofile suboceanice, 258
termofile subterane, 259-260
teste de vedere, 667
texte ebraice, 238, 559, 572
texte funerare, 556
Thales din Milet, 568
Theobald, Douglas, 263
Tian, 601
Tibet, 576
timp, imaginar, 76-78; măsurare, 598, 650; distorsiuni ale spaţiului-timp, 46, 47
timp Planck, 55, 146
Tinbergen, Niko, 380
Tipler, Frank, 284-286
Tirthankara, 573
Tolman, Richard, 81 tolteci, 551
Tomasello, Michael, 461
totemism, 540, 556
transducţie, 367
transfer de gene, 367, 379, 406, 457
transfer orizontal de gene, 367, 378, 406, 457; şi neodarwinismul, 406
transformism, 300, 302, 303
transpozoni, 376
tranziţia de la viaţa nomadă la cea sedentară, 539-542, 626-627
tranziţie de fază a reţelei, 292-293, 292
Trinkaus, Erik, 527
Trivers, Robert, 441-442
trunchi cerebral, 472
Turok, Neil, 92-98

ultimul strămoş comun universal, 263
ultradarwinism, 447, 450; autoreplicatori, 273, 275, 289
unde gravitaţionale, 63, 140
unelte, cimpanzei, 619, 623; ciori şi gaiţe, 623; fabricare, 416, 623; primele urme la Homo sapiens, 519-520; situri de ne- anderthalieni, 515-516, 517; de piatră, 509, 515, 516, 517

unelte de piatră, 509, 516, 517, 520-521
unelte din paleoliticul inferior, 519
unelte din paleoliticul superior, 520
uniformism, 306, 605
Uniunea Europeană, 636
univers, expansiune accelerată, 69-72, 109-110; vârstă, 29, 107-109; antropic, 130-133; oscilant, 81; închis, 47, 48, 49, 50; complexificare, 199-200; alcătuire, 69; răcire, 43, 143-150; creat de găurile negre, 81-84, 134; modele ciclice, 81, 92-98, 95, 130; definiţie, 103; ekpyrotic, 92-98, 95, 130; entropie, 184-191; etern vezi modele ale universului etern; în expansiune, 42-43, 69-72, 109-110, 143-150, vezi si teoria inflaţiei; plat, 47-48, 49, 50; formă, 130-136; fractal, 162; viitor, 161- 165, 189; geometrie, 47-48, 49, 50; moarte termică, 164; istorie, 70, 143-150; omogenitate, 46-47; neomogenitate iniţială, 152-153; izotrop, 46-47, 55, 85, 651; selecţie naturală, 81-85, 129, 134; energie netă zero, 72-75; modelul universului fără hotare, 76-78; omni- centric, 46-47; origine, 42-45, 72-75, 129, vezi si teoria Big Bangului; participativ, 285-286; primordial, 197; dimensiuni spaţiale, 132-133; static, 41-42
univers deschis, 47, 49, 50
univers ekpyrotic, 92-98, 95, 130
univers izotrop, 46-47, 55, 85
univers fără hotare Hartle-Hawking, 7678
univers fractal, 162
univers hiperbolic vezi univers deschis
univers închis, 47, 49, 50
univers observabil, 103
univers omnicentric, 46
univers omogen, 46-47, 50-51, 55
univers oscilant, 81, 130
univers plat, 48, 49, 50
univers sferic, vezi univers închis
universuri Friedmann, 47-48, 49, 50
Upanisade, 564-565; creaţie din nimic, 32; înţelegerea vieţii, 237-238

valoare selectivă inclusivă, 439-440, 492
variaţie, 374-375
vânători-culegători, 512, 538-542, 626, 634
vârsta universului, 29, 107-108
Vede, 29-30, 31, 557
vedere de la distanţă, 658
Venus, 233
vertebrate, 398, 470-472
Vesalius, Andreas, 595
vestigii, 362-363
viaţă, 237-247, 477; vechi intuiţii, 237240; caracteristici ale ~, 246-247, 251252; condiţii necesare pentru ~, 203; definiţii ale ~; origini vezi apariţia vieţii; definiţie ştiinţifică ortodoxă, 244246; explicaţie ştiinţifică, 240
viaţă cuantică, 252-253
viermi laţi, 468, 469
viruşi, 249, 264-265, 279
vitalism, 238-240
viteză variabilă a luminii, 80

vocalizare, 463
vorbire, 525
vortexuri, 185

Wächtershäuser, Gunter, 278
Wallace, Alfred Russel, 304-306
Wallin, Ivan, 325, 452
Watson, E.B., 219
Watson, James, 244, 330-331
Weakly Interacting Massive Particles (WIMP), 68, 155
Wegener, Alfred, 214-215
Wells, Jonathan, 419-420
Wells, William, 303, 306
West, Stuart, 446, 451
White, Tim, 513, 518
Wickramasinghe, Chandra, 279-280
Wilkinson Microwave Anisotropy, sonda, 653, 661-662
Wilkinson, Gerald S., 445
Williams, George C., 421, 439, 442
Williamson, Peter G., 405, 423
Wilson, Allan, 510
Wilson, David Sloan, 450
Wilson, Edward O., 128, 244, 293, 438, 446, 450, 479-480, 615
WIMP vezi Weakly Interacting Massive Particles (WIMP)
WMAP vezi Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP)
Woese, Carl, 260-261, 263, 333, 392
Woit, Peter, 101
Wolpoff, Milford, 527
World Wide Web (WWW), 601
Wright, Ned, 89, 109
Wright, Sewall, 327-328, 418
Wundt, Wilhelm, 607
Wynne-Edwards, Vero, 439 yinşi yang, 567

zei, 30-32, 556-559, 627, 675; şi creaţia, 3032, 36-37; şi fenomenele naturale, 284
zeul Soare, 556-557
Zhuangzi, 567
Zilhăo, Joăo, 516
zona locuibilă galactică (ZLG), 227-228
zonă locuibilă circumstelară (ZLC), 206, 229-230
zone locuibile, 206, 227-230
Zoroastru, 571

Observații

[←1]

Ziua în care cercetătorii de la NASA au anunţat că sonda Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) a confirmat modelul Big Bang şi le-a permis să estimeze cu o precizie fără precedent vârsta universului, cu o marjă de eroare de doar 1%. Pe 21 martie 2013, cercetătorii de la Agenţia Spaţială Europeană au anunţat că datele colectate de telescopul spaţial Planck sugerau că vârsta ar trebui revizuită puţin, fiind de 13,82 miliarde de ani.

[←2]

Vezi glosarul de la sfârşitul cărţii pentru explicaţii mai detaliate ale acestor termeni.

[←3]

Trad. din sanscrită de Constantin Făgăţean (Origini. Caiete Silvane, Revistă de studii culturale, Zalău, nr. 2 (2002), pp. 96-97 (n. red.).

[←4]

Ramurile mistice şi moderniste ale islamului sunt acum marginalizate, vezi Ahmed (2007).

[←5]

Din moment ce Ussher (1581-1656) a fost arhiepiscop de Armagh, în Irlanda, putem presupune că aceasta este ora meridianului Greenwich.

[←6]

Vezi Glosarul pentru explicaţiile acestor termeni.

[←7]

Kelvinul este unitatea de bază pe scara de temperatură Kelvin, care începe cu 0K, zero absolut, valoare sub care energia moleculară nu poate scădea. Un grad kelvin are aceeaşi valoare cu un grad Celsius, iar 0K înseamnă -273,15°C.

[←8]

K este abrevierea de la Kelvin.

[←9]

Vezi glosarul pentru o explicaţie completă.

[←10]

Un tensor este un ansamblu de componente care se modifică într-o transformare dintr-un sistem de coordonate în spaţiu în altul.

[←11]

Izotrop înseamnă că unui observator universul îi apare la fel în orice direcţie s-ar uita. Omogen înseamnă că universul este la fel în orice punct. Cele două nu presupun neapărat acelaşi lucru. De exemplu, un univers care are un câmp magnetic uniform este omogen, pentru că toate punctele sale sunt la fel, dar nu este izotrop, pentru că un observator vede linii magnetice diferite în direcţii diferite. Invers, o materie distribuită simetric sub formă de sferă este izotropă dacă este privită din centrul ei, dar nu este neapărat omogenă: se poate ca într-un punct materia să nu fie la fel cu cea dintr-un alt punct în aceeaşi direcţie. Totuşi, dacă prezumăm că distribuţia materiei este izotropă atunci când este privită din orice punct, universul este în mod necesar omogen.

[←12]

Vezi glosarul pentru definiţia completă.

[←13]

Această valoare este cunoscută drept timpul Planck; vezi glosarul pentru explicaţie.

[←14]

Vezi glosarul pentru o definiţie a teoriei cuantice şi pagina 120 pentru o descriere mai amănunţită.

[←15]

Vezi glosarul pentru o definiţie completă.

[←16]

Vezi glosarul pentru explicaţiile timpului Planck şi principiului indeterminării.

[←17]

Vezi glosarul pentru definiţiile cuarcului, leptonului şi bosonului.

[←18]

Vezi pagina 106.

[←19]

Vezi pagina 109 pentru o discuţie mai detaliată cu privire la această interpretare a datelor.

[←20]

Vezi pagina 70.

[←21]

Vezi pagina 44.

[←22]

O supoziţie bazată pe intervalul dincolo de care teoria cuantică nu mai funcţionează.

[←23]

Principalele versiuni sunt discutate mai în detaliu la pagina 152 şi următoarele.

[←24]

Vezi glosarul pentru o definiţie completă a găurii negre.

[←25]

Vezi pagina 55.

[←26]

Vezi glosarul pentru explicarea acestor forţe.

[←27]

Datele provenite de la telescopul spaţial Planck al Agenţiei Spaţiale Europene au dus la o revizuire a acestor procente astfel: 4,9% materie cunoscută, 26,8% materie întunecată şi 68,3% energie întunecată.

[←28]

Vezi pagina 61.

[←29]

Vezi pagina 65.

[←30]

Vezi pagina 85.

[←31]

Efectul cumulativ al micilor schimbări genetice care apar în decursul mai multor generaţii ale unor specii şi care duc la dominaţia acelor indivizi ale căror mutaţii i-au făcut să fie cel mai bine adaptaţi pentru competiţie şi supravieţuire; mutaţiile produc în cele din urmă o specie nouă, ai cărei indivizi nu se înmulţesc cu indivizii speciilor iniţiale.

[←32]

Vezi pagina 73 pentru demonstraţia lui Guth privind energia netă zero a universului.

[←33]

Vezi masa Planck în glosar pentru o explicaţie mai cuprinzătoare.

[←34]

Vezi pagina 58.

[←35]
Vezi pagina 109.

[←36]

Barioni: particule subatomice grele, precum protonii şi neutronii; leptoni: particule elementare uşoare sau aproape fără masă care nu interacţionează prin intermediul forţei nucleare tari, precum electronii; fotoni: cuante lipsite de masă ale energiei electromagnetice; o formă de materie întunecată sau mai multe forme necunoscute de materie non-radiantă, invocate pentru a susţine concordanţa teoriei cu observaţiile.

[←37]

Steinhardt numeşte acest model „univers ciclic", dar eu folosesc denumirea „univers ekpyrotic ciclic", pentru a-l deosebi de alte modele ciclice, precum cel al universului oscilant propus de Tolman sau cel al ciclurilor CSCS.

[←38]

Vezi pagina 53.

[←39]
Vezi pagina 73.

[←40]

De fapt, denumirea dată de Susskind este „megavers", dar, fiindcă am folosit acest termen pentru a descrie universul mai larg, cu zece dimensiuni spaţiale, din teoria supercorzilor, voi eticheta versiunea lui Susskind drept o speculaţie cu privire la cosmos, pentru că el invocă o multitudine de asemenea megaversuri.

[←41]

O particulă punctiformă este considerată o brană cu zero dimensiuni, o coardă este o brană cu o dimensiune, o membrană este o brană bidimensională ş.a.m.d.

[←42]

Vezi pagina 68.

[←43]

Vezi pagina 88.

[←44]

Vezi pagina 89.

[←45]

Vezi pagina 88.

[←46]

Vezi pagina 58.

[←47]

Vezi pagina 71.

[←48]
Vezi pagina 89.

[←49]

Vezi pagina 90.

[←50]

Vezi pagina 106.

[←51]

Vezi pagina 98.

[←52]

Vezi pagina 48 pentru explicaţii despre parametrul Omega şi despre relaţia lui cu geometria universului.

[←53]

De exemplu, Wolfgang Tittel şi colegii lui au raportat că doi fotoni corelaţi cuantic şi aflaţi la mai mult de zece kilometri unul de altul s-au comportat în acelaşi fel când au fost confruntaţi cu rute alternative, la fel de posibile, încălcând în mod evident teoria relativităţii restrânse a lui Einstein, care interzice informaţiei să circule la viteze mai mari decât lumina (W. Tittel et al., „Violation of Bell Inequalities by Photons More Than 10 km Apart), Physical Review Letters, nr. 81/17, 1998, pp. 3563-3566). Dar nu numai în domeniul subatomic nu se aplică teoria relativităţii. Rainer Blatt şi colegii lui (M. Riebe et al., „Deterministic Quantum Teleportation with Atoms“, Nature, nr. 429/6993, 2004, pp. 734-737) şi D.J. Wineland şi colegii lui (M.D. Barrett et al., „Deterministic Quantum Teleportation of Atomic Qubits“, Nature, nr. 429/6993, 2004, pp. 737-739) au raportat transmiterea aproape instantanee a stărilor cuantice ale ionilor de calciu şi de beriliu.

[←54]
Vezi pagina 64

[←55]

Ecuaţia gravitaţională a lui Newton permite de asemenea acest lucru, dacă admitem că separarea dintre masele punctiforme este absolută.

[←56]

Vezi pagina 65.

[←57]

Acest lucru nu este necesar pentru un univers sferic: o sferă perfectă arată la fel din orice punct de pe suprafaţa ei.

[←58]

Vezi glosarul pentru definiţie sau pagina 32 pentru explicaţii.

[←59]

Vezi pagina 73.

[←60]

Vezi pagina 34.

[←61]

Vezi pagina 52.

[←62]

Vezi capitolul 9 pentru o explicaţie mai detaliată.

[←63]

Vezi pagina 120.

[←64]

Cum rezultatele tuturor evenimentelor cuantice de la începutul universului sunt în număr inimaginabil de mare, Paul Davies a spus despre această conjectură că este „săracă în supoziţii, dar bogată în universuri".

[←65]

Vezi pagina 82.

[←66]

Vezi paginile 91 şi 100.

[←67]

Vezi pagina 98.

[←68]

Vezi pagina 99.

[←69]

Vezi glosarul pentru o definiţie completă.

[←70]

Nucleon este denumirea colectivă pentru protoni şi neutroni, particulele care alcătuiesc nucleul atomic.

[←71]

Această lege susţine că simetria se păstrează la nivel subatomic: dacă are loc o reacţie sau o dezintegrare, acelaşi lucru se va întâmpla cu imaginea ei simetrică, la aceeaşi frecvenţă.

[←72]

Vezi ilustraţia de la pagina 47.

[←73]

Vezi pagina 63.

[←74]

Vezi pagina 56.

[←75]

Vezi pagina 61.

[←76]

Vezi glosarul pentru definiţie.

[←77]

Vezi pagina 66.

[←78]

Vezi pagina 61.

[←79]
Vezi pagina 60.

[←80]

Vezi paginile 62-64.

[←81]
Vezi pagina 56.

[←82]

Atomii sunt neutri din punct de vedere electric; ionii sunt atomi care fie au pierdut, fie au câştigat unul sau mai mulţi electroni, astfel încât au o sarcină electrică fie pozitivă, fie negativă. Atomul de hidrogen este format dintr-un proton şi un electron, astfel încât protonul singular poate fi considerat un ion pozitiv de hidrogen.

[←83]

Un element se deosebeşte de altele prin aceea că are un număr diferit de protoni în nucleul atomilor săi; asta îi determină activitatea chimică. Cea mai des întâlnită formă a unui element este cea care are cel mai stabil nucleu, format din protoni şi neutroni. În acest caz, cea mai stabilă formă a hidrogenului nu are neutroni în nucleu. Alte forme ale unui element care au acelaşi număr de protoni, dar un număr diferit de neutroni se numesc izotopi ai acelui element. Astfel, deuteriul este un izotop al hidrogenului. Vezi glosarul pentru termenii atom, element, izotop şi număr atomic.

[←84]

Relativa abundenţă este în general măsurată în funcţie de masă, nu de număr: circa 75% hidrogen, 25% heliu -4 (care este de patru ori mai masiv decât hidrogenul) şi urme din celelalte elemente.

[←85]

Vezi pagina 58.

[←86]

Vezi pagina 44.

[←87]

Vezi pagina 55.

[←88]

Vezi pagina 113.

[←89]

Vezi pagina 116.

[←90]

Vezi pagina 113.

[←91]

Vezi pagina 67.

[←92]

Vezi pagina 47.

[←93]

Aşa cum am spus în capitolul 6, această interpretare a deplasării spre roşu a cuasarilor nu este unanim acceptată.

[←94]

Vezi pagina 149.

[←95]

Vezi pagina 85.

[←96]

Entropia este o măsură a gradului de dezordine în care se află părţile componente ale unui sistem. Vezi capitolul 10 pentru o descriere mai amănunţită a acestui concept şi a relevanţei lui pentru evoluţia materiei.

[←97]

Vezi paginile 184-185.

[←98]

Fenomen prezis de marile teorii unificate, dar imposibil de probat până în acest moment.

[←99]
Vezi pagina 69.

[←100]

Vezi pagina 147.

[←101]

Vezi pagina 158 şi următoarele.

[←102]

Înainte se considera că doar 91 de elemente apar în mod natural, iar restul de 27 sunt sintetizate artificial. Începând cu 2014, au fost identificate în natură urme a şapte dintre acestea; de aceea spun „circa 95“.

[←103]
Vezi pagina 140.

[←104]

Principiul a fost extins între timp la formularea că *două tipuri de fermioni (o clasă de particule care include electronii, protonii şi neutronii) dintr-un sistem dat nu se pot afla în acelaşi timp în stări caracterizate de aceleaşi numere cuantice*

[←105]

Molecula este cea mai mică unitate fizică a unei substanţe care poate să existe indepedent, formată dintr-un atom sau din mai mulţi atomi legaţi între ei prin electronii pe care-i pun în comun. Vezi glosarul pentru distincţiile dintre moleculă, atom, ion şi element.

[←106]

Vezi paginile 74 şi 129.

[←107]

Vezi glosarul pentru o definiţie completă a entropiei şi pentru ecuaţia ei.

[←108]

Thomas Kuhn, filozof al ştiinţei, a afirmat că factorii sociali şi psihologici influenţează felul în care oamenii de ştiinţă trec de la susţinerea unei teorii existente la susţinerea unei noi teorii revoluţionare. Vezi Kuhn (2012).

[←109]
Vezi pagina 177.

[←110]

Vezi pagina 177.

[←111]
Vezi pagina 159.

[←112]

Un planetezimal se referă de obicei la un corp de dimensiuni reduse format în etapele timpurii ale naşterii planetelor, şi nu doar la dimensiunile unui corp dintr-un sistem solar.

[←113]

O protoplanetă devine planetă după ce a atras toate planetezimalele şi alte resturi de pe orbita sa şi a căpătat o masă şi un volum relativ constante. Vezi glosarul pentru o definiţie mai detaliată a planetei, care ia în calcul redefinirea din 2006 făcută de Uniunea Astronomică Internaţională.

[←114]

Vezi glosarul pentru diferenţa dintre cometă, meteorit şi asteroid.

[←115]

Căutarea Vieţii Extraterestre Inteligente (n. tr.).

[←116]
Vezi pagina 206.

[←117]

UA înseamnă unitate astronomică, distanţa medie dintre Pământ şi Soare.

[←118]
Vezi pagina 219.

[←119]

Vezi pagina 73.

[←120]

Folosesc acest termen mai degrabă în sensul său ştiinţific decât în cel metafizic.

[←121]
Vezi pagina 185.

[←122]

Vezi pagina 184.

[←123]
Vezi pagina 184.

[←124]

Aristotel, Politica 1252a.25, trad. de Raluca Grigoriu, Paideia, Bucureşti, 2001 (n. red).

[←125]
Vezi pagina 211.

[←126]

Vezi pagina 219.

[←127]

Biologul Lynn Margulis, la acea vreme profesor la Universitatea din Massachusetts, şi alţii au contestat folosirea unei singure caracteristici. Voi discuta mai pe larg acest lucru când vom examina dovezile evoluţiei biologice.

[←128]

Vezi pagina 247.

[←129]

Vezi pagina 178.

[←130]
Vezi pagina 226.

[←131]

Vezi pagina 270.

[←132]

Vezi paginile 133-136.

[←133]

Vezi paginile 120-121.

[←134]

Vezi pagina 133.

[←135]

Vezi pagina 120.

[←136]

Vezi pagina 120.

[←137]

Vezi paginile 173-174.

[←138]

Termenul „om de ştiinţă“ aşa cum îl înţelegem noi astăzi nu a fost folosit înainte de secolul al XlX-lea, dar îl voi folosi pentru a-i descrie pe cei care se ocupau cu ceea ce astăzi numim ştiinţă, adică o abordare predominant empirică, diferită de abordarea pur conceptuală a filozofiei naturale.

[←139]
Vezi pagina 33.

[←140]

A douăsprezecea ediţie, publicată în 1884, îl avea ca autor pe Robert Chambers.

[←141]

Teorie potrivit căreia, încă de la formarea sa, pe suprafaţa Pământului au avut loc aceleaşi procese fizice şi chimice, care explică toate fenomenele geologice.

[←142]

A fost înfiinţată în 1826 ca primă universitate din Anglia care accepta studenţi ce nu făceau parte din Biserica Anglicană, iar în 1836 a fost numită prin decret regal Uni- versity College London.

[←143]

De exemplu, chiar dacă ideile lui Matthew sunt cuprinse într-o anexă, ele nu sunt nici risipite şi nici prezentate pe scurt, comparativ cu propria sa contribuţie din revista Societăţii Linneene.

[←144]

Cu excepţia cazurilor în care fac alte trimiteri, pentru citatele din Originea speciilor am folosit ediţia a şasea, publicată în 1872, deoarece reprezintă ediţia definitivă şi cuprinde ideile cele mai cumpănite ale lui Darwin. Toate ediţiile Originii speciilor şi toate celelalte lucrări ale lui Darwin sunt disponibile pe Internet graţie muncii excepţionale depuse de John van Whyne, director al proiectului dedicat publicării online a operelor complete ale lui Darwin: http://darwin-online.org.uk/.

[←145]

F. Bacon, Cele două cărţi despre excelenţa si progresul cunoaşterii divine şi umane, trad., note şi comentarii de Dana Jalobeanu şi Grigore Vida, Humanitas, Bucureşti, 2012, pp. 72-73 (n. red.).

[←146]

Voi discuta observaţiile lui Kropotkin asupra societăţilor umane în partea a treia.

[←147]

Mayr dorea să restrângă termenul „neodarwinism“ la sensul său iniţial, care în esenţă era darwinismul fără ideea moştenirii caracteristicilor dobândite, deosebindu-l astfel de „sinteza modernă“. Totuşi această distincţie nu a fost adoptată la scară largă, „sinteza modernă“ nefiind o sintagmă de la sine înţeleasă pentru nespecialişti. În plus, „neodarwinismul“ ne permite operarea unei distincţii în raport cu „ultradarwinismul“, termen pe care îl voi defini mai jos.

[←148]

Vezi diagrama de la pagina 266.

[←149]

Rezultatele, inclusiv rolul intermediar al ARN-ului mesager, sunt descrise la paginile 265-270

[←150]

Vezi glosarul pentru definiţia paradigmei.

[←151]

Vezi pagina 260.

[←152]
Vezi pagina 255.

[←153]

Vezi pagina 34.

[←154]

Vezi pagina 233.

[←155]

Vezi pagina 213.

[←156]
Vezi pagina 337.

[←157]

Vezi pagina 341.

[←158]

Vezi pagina 267.

[←159]

Vezi paginile 265-270 pentru o descriere mai detaliată a structurilor şi reacţiilor chimice.

[←160]

Vezi pagina 262.

[←161]

Vezi glosarul pentru o definiţie mai detaliată.

[←162]

Traducere de Eugen Margulius (n. red.).

[←163]

Vezi paginile 322-324.

[←164]

Vezi pagina 364.

[←165]

Totuşi, o evaluare din 2009 a cercetărilor recente axate pe neurobiologia plantelor afirmă că plantele sunt organisme sensibile şi comunicative caracterizate printr-un comportament activ de rezolvare a problemelor. Se argumentează că aceste concluzii sunt controversate din cauza tendinţei de a păstra cu străşnicie în ştiinţă dogme vechi şi depăşite. (Frantisek Baluska et al., „The «Root-Brain» Hypothesis of Charles and Francis Darwin“, Plant Signaling &Behavior, nr. 4/12, 2009, pp. 1121-1127).

[←166]
Vezi pagina 333.

[←167]

Vezi pagina 313.

[←168]

Vezi pagina 181.

[←169]
Vezi pagina 331.

[←170]

Vezi pagina 359.

[←171]

Vezi paginile 367 şi 368.

[←172]

Vezi pagina 337.

[←173]
Vezi pagina 366.

[←174]

Vezi pagina 367.

[←175]

Vezi pagina 378.

[←176]

Vezi pagina 376.

[←177]
Vezi pagina 282.

[←178]

Vezi paginile 404-405.

[←179]

Vezi pagina 393 pentru exemple asemănătoare oferite în 1986 de Christian Schwabe.

[←180]
Vezi pagina 328.

[←181]
Vezi pagina 367.

[←182]
Vezi pagina 408.

[←183]

Vezi paginile 264-270.

[←184]

Vezi paginile 294-295.

[←185]

Vezi paginile 173-174.

[←186]

Vezi paginile 290-293.

[←187]

Kauffman vorbeşte mai curând de 370 decât de 316. Numărul tipurilor de celule depinde de criteriile de clasificare. Cele mai multe clasificări menţionează între 210 şi 260 de tipuri, însă grupează toţi neuronii din sistemul nervos central în aceeaşi categorie.

[←188]
Vezi pagina 378.

[←189]
Vezi pagina 338.

[←190]

Vezi pagina 376.

[←191]

Vezi paginile 367-368.

[←192]

Vezi pagina 225.

[←193]

Vezi paginile 242-243.

[←194]

Vezi paginile 243-244.

[←195]

Traducere de Dan Crăciun (n. red.).

[←196]

Vezi pagina 386.

[←197]

Vezi paginile 388-389.

[←198]

Vezi paginile 376-377.

[←199]

Vezi pagina 383.

[←200]

Vezi paginile 320-324.

[←201]

Vezi pagina 390.

[←202]

Vezi pagina 389.

[←203]

Vezi paginile 324-325.

[←204]
Vezi pagina 381.

[←205]

Vezi pagina 387.

[←206]
Vezi pagina 344.

[←207]

De ce au animalele o simetrie bilaterală în loc de una trilaterală sau tetralaterală este o întrebare care se pune rareori şi căreia nu i s-a dat niciodată un răspuns satisfăcător. „Principiul adaptativ“ nu este o explicaţie suficientă: mediul înconjurător are trei dimensiuni spaţiale.

[←208]

Vezi paginile 473-474.

[←209]
Vezi pagina 318

[←210]
Vezi pagina 387

[←211]

Vezi paginile 340-341.

[←212]

Vezi pagina 473.

[←213]

Vezi pagina 211 pentru o descriere mai detaliată a acestei tehnici.

[←214]

Vezi pagina 494.

[←215]

Fosila constă în trei dinţi despre care McBreathy spune că sunt incisivi de cimpanzeu şi că toţi trei au smalţul subţire, caracteristic cimpanzeilor.

[←216]

Vezi pagina 232 şi următoarele pentru factorii planetari care afectează clima.

[←217]

Vezi glosarul pentru definiţia emergenţei şi a celor trei tipuri principale ale acesteia.

[←218]

Vezi pagina 523.

[←219]

Vezi paginile 237-238.

[←220]
Vezi pagina 31.

[←221]

Vezi pagina 37.

[←222]

Vezi glosarul pentru sensul termenului religie în această carte.

[←223]

Vezi pagina 33 pentru credinţa jainistă legată de ciclurile cosmosului.

[←224]
Vezi pagina 73.

[←225]
Vezi pagina 92.

[←226]
Vezi pagina 125.

[←227]

Vezi pagina 593 pentru exemple.

[←228]
Vezi pagina 44.

[←229]

Vezi, de exemplu, pagina 111, pagina 117, pagina 325 şi pagina 456.

[←230]

Vezi, de exemplu, pagina 116, pagina 446 şi pagina 481.

[←231]

Vezi pagina 571.

[←232]

Vezi pagina 580.

[←233]

Vezi paginile 553 şi 555.

[←234]

Vezi paginile 300-301.

[←235]

Vezi pagina 328.

[←236]

Vezi pagina 330.

[←237]

Vezi paginile 461-462.

[←238]

Vezi paginile 438 şi 450.

[←239]

Vezi paginile 67 şi 145.

[←240]

Vezi pagina 145.

[←241]
Vezi pagina 145.

[←242]

Vezi paginile 244-253.

[←243]

Vezi pagina 120.

[←244]
Vezi pagina 378.

[←245]
Vezi pagina 464.

[←246]
Vezi pagina 321.

[←247]

Vezi glosarul.

[←248]

Vezi, de exemplu, pagina 521.

[←249]

Vezi, de exemplu, concluziile 4 şi 5 de la pagina 560

[←250]

Vezi pagina 535.

[←251]

Vezi paginile 33-34.

[←252]
Vezi pagina 106.

[←253]
Vezi pagina 67.

[←254]

Vezi pagina 157.

[←255]

Vezi paginile 139-140.

[←256]
Vezi pagina 255.

[←257]

Vezi pagina 506.

[←258]

Vezi pagina 377.

[←259]

Vezi pagina 392.

[←260]

Vezi pagina 609.

[←261]

Vezi pagina 394.

[←262]

Vezi paginile 109-110.

[←263]

Vezi paginile 69 şi 109.

[←264]

Vezi pagina 113.

[←265]

Vezi paginile 115-116.

[←266]

Vezi paginile 339-340.

[←267]

Vezi paginile 284-285.

[←268]

Vezi pagina 121.

[←269]

Vezi glosarul pentru definiţia completă.

[←270]

Vezi pagina 184.

[←271]

Vezi paginile 139-140.

[←272]

Vezi pagina 564.

[←273]

Vezi pagina 110.

[←274]
Vezi pagina 62.

[←275]

Vezi pagina 100.

[←276]

Vezi pagina 84.

[←277]
Vezi pagina 69.

[←278]

Vezi paginile 85-89.

[←279]

Vezi paginile 442-445.

[←280]

Vezi pagina 450.

[←281]
Vezi pagina 114.

[←282]
Vezi pagina 349.

[←283]

Vezi pagina 353.

[←284]

Vezi paginile 409-417.

[←285]

Vezi paginile 116-117.

[←286]
Vezi pagina 257.

[←287]

Vezi paginile 351-352.

[←288]

Vezi paginile 369-370.

[←289]

Vezi pagina 510.

[←290]

Vezi paginile 214-216.

[←291]
Vezi pagina 276.

[←292]

Vezi pagina 404.

[←293]

Vezi pagina 480.

[←294]

Vezi pagina 479.

[←295]
Vezi pagina 215.

[←296]
Vezi pagina 101.

[←297]
Vezi pagina 44.

[←298]

Vezi pagina 112.

[←299]
Vezi pagina 89.

[←300]

Vezi pagina 456.

[←301]

Vezi pagina 341.

[←302]
Vezi pagina 445.

[←303]
Vezi pagina 133.

[←304]

Vezi pagina 133.